

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAZI MEŞCERE PARAMETRELERİNİN FARKLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ
YARDIMIYLA TAHMİN EDİLMESİ:
KELKİT VE İĞDİR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Bayram ÇİL

**ARALIK 2014
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAZI MEŞCERE PARAMETRELERİNİN FARKLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ

YARDIMIYLA TAHMİN EDİLMESİ:

KELKİT VE İĞDİR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

Orman Mühendisi Bayram ÇİL

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.12.2014

Tezin Savunma Tarihi : 30.12.2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Bayram ÇİL tarafından hazırlanan

BAZI MEŞCERE PARAMETRELERİNİN FARKLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ
YARDIMIYLA TAHMİN EDİLMESİ:

KELKİT VE İĞDİR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09 / 12 / 2014 gün ve 1580 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet MISIR

Üye : Doç. Dr. Fevzi KARSLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

"Bazı Meşcere Parametrelerinin Farklı Uydu Görüntüleri Yardımıyla Tahmin Edilmesi: Kelkit ve İğdir Planlama Birimi Örneği" isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, tez konusunun seçiminde ve araştırmamın yürütülmesinde öncülük eden, çalışmamın içerik ve şekil bakımından yönlendirilmesini sağlayan, ayrıca her konuda ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen saygı değer hocam Yrd.Doç.Dr. Uzay KARAHALİL'e bana kendisiyle çalışma onuru verdiği için en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmayı içerik ve şekil yönünden ele alarak olgunlaşmasına katkı sağlayan hocalarım Prof. Dr. Mehmet MISIR ve Doç. Dr. Fevzi KARSLI'ya şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince sorularıyla zamanlarını aldığım, değerli görüş ve önerileriyle büyük ilgi ve desteğini gördüğüm Prof. Dr. Selahattin KÖSE'ye ve Arş. Gör. Durmuş Ali ÇELİK'e teşekkürlerimi sunmayı bir görev sayarım. Gerek arazi çalışmalarında, gerekse büro çalışmalarında büyük bir çaba gösteren 20. Orman Amenajman Heyeti Başmühendisi Taner YAMAK'a sağladığı imkanlardan dolayı teşekkür ederim. Araştırmamın başlangıcından bitimine kadar verdiği moral ve destek ile yanımda olan kıymetli meslektaşım ve arkadaşım Orman Mühendisi Gökçe KALANKAN'a teşekkür ederim. Tezin hazırlanması ve çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Orman Mühendisi Burak KILIÇ ve Orman Mühendisi Süleyman BORUCU'ya teşekkür ederim. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde altyapı olanaklarından geniş şekilde yararlandığım Orman Amenajmanı Laboratuvarı'nın kurulmasında emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca öğrenim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme teşekkür eder, bu çalışmanın uygulayıcılara, bilim dünyasına ve tüm ilgilienlere faydalı olmasını dilerim.

Bayram ÇİL
Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Bazı Meşcere Parametrelerinin Farklı Uydu Görüntüleri Yardımıyla Tahmin Edilmesi: Kelkit ve İğdir Planlama Birimi Örneği" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Uzey KARAHALİL'in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05.12.2014

Bayram ÇİL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Temel Kavramlar	10
1.2.1. Orman Envanteri.....	10
1.2.2. Hava Fotoğrafları ve Uydu Sistemlerinin Kısa Tarihçesi.....	11
1.2.3. Uydu Görüntülerine İlişkin Bazı Temel Bilgiler	14
1.2.3.1. Landsat 8 Uydusu	18
1.2.3.2. Rasat Uydusu	20
1.2.3.3. Göktürk-2 Uydusu	21
1.2.3.4. WorldView- 2 Uydusu.....	21
1.2.3.5. Dijital Kamera ile Çekilen Hava Fotoğrafi.....	22
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	24
2.1. Materyal	24
2.1.1. Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri.....	24
2.1.2. Çalışmada Kullanılan Veri Kaynakları ve Yazılımlar	27
2.1.3. Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları.....	27

2.1.4.	Uydu Görüntüleri ve Dijital Hava Fotoğrafı.....	28
2.1.5.	Çalışmada Kullanılan Yazılımlar.....	28
2.2.	Yaklaşım Tarzı.....	28
2.2.1.	Örnekleme Alanında Yapılan Ölçümler	30
2.2.2.	Meşcere Parametrelerinin Hesaplanması.....	33
2.2.3.	Uydu Görüntülerinin Analizi	34
2.2.4.	Meşcere Parametrelerinin Uydu Görüntüleriyle İlişkilendirilmesi.....	38
2.2.5.	Geliştirilen Modellerin İki Araştırma Alanı İçin Denenmesi	41
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	43
3.1.	Meşcere Parametrelerine İlişkin Normal Dağılım Kontrolü ve Korelasyon Analizi Sonuçları	43
3.2.	Kelkit Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri.....	47
3.3.	İğdir Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri.....	52
3.4.	Geliştirilen Modellerin Araştırma Alanları İçin Uygulanması ve Güncel Meşcere Haritası ile Karşılaştırılması.....	57
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	64
5.	KAYNAKLAR.....	69

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BAZI MEŞCERE PARAMETRELERİNİN FARKLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA
TAHMİN EDİLMESİ: KELKİT VE İĞDİR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

Bayram ÇİL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL
2014, 72 Sayfa

Ormanların yapı ve kuruluşu hakkında daha az para ve emek harcayarak bilgi sahibi olma ve bunu güncelleme isteği önemini korumaktadır. Bu noktada, özellikle meşcere parametrelerinin güncel, güvenilir ve hızlı yöntemlerle belirlenmesi büyük avantajlar sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada, aynı yaşlı olarak işletilen saf Sarıçam ve değişik yaşlı olarak işletilen saf Gökmar meşcerelerinden alınan örnekleme alanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bazı meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma alanları, Sarıçam meşcerelerinin ağırlıklı olarak yer aldığı Kelkit (Gümüşhane) ile Gökmar meşceresinin içerisinde ağırlıklı olarak yer aldığı İğdir (Kastamonu) Orman İşletme Şeflikleri içerisinde seçilmiştir. Çalışmada asıl veri kaynağı olarak, daha önce benzer amaçla kullanılmamış olan Göktürk-2, Rasat ve dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarının da olduğu 5 farklı uzaktan algılama verisi kullanılmış, Erdas Imagine yazılımı yardımıyla elde edilen uydu görüntüsü piksel değerleri ve bu değerler kullanılarak hesaplanan farklı indeksler ile seçilen meşcere parametreleri olan ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi arasındaki ilişkiler Spss 20.0 programı kullanılarak çoklu doğrusal regresyon modelleri ile ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modellerde her iki alan için en yüksek tahminleri veren uydu görüntüsü Landsat 8 olmuştur. Kelkit araştırma alanı için elde edilen hacim ve göğüs yüzeyi düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0.50 ve 0.49 olup, İğdir araştırma alanı için ise 0.48 ve 0.43 olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca geliştirilen modeller içinden belirtme katsayısı en yüksek ve standart hatası en düşük olan modeller seçilerek iki ayrı araştırma alanı için uygulanmış ve elde edilen sonuçlar güncel meşcere haritası ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Amenajmanı, Meşcere parametreleri, Uzaktan Algılama, Göktürk-2, Rasat, Dijital Hava Fotoğrafı

Master Thesis

SUMMARY

ESTIMATION OF SELECTED FOREST STAND PARAMETERS USING DIFFERENT
SATELLITE IMAGES: A CASE OF STUDY KELKİT AND İĞDIR PLANNING UNITS

Bayram ÇİL

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Uzay KARAHALİL
2014, 72 Pages

Having information about the composition and configuration of forests by spending less money and effort and also the willingness to keep information updated is still important. At this point, determining especially stand parameters by actual, reliable and fast methods provide us great advantages.

In this project, the relationships between remotely sensed data and various stand parameters investigated such as the number of trees, basal area and volume to be obtained from field measurements via sample plots taken from the even aged pure Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands and uneven aged pure Fir (*Abies nordmanniana subs. bornmuelleriana*) stands. Kelkit/Gümüşhane in which predominantly Scots pines are located and İğdir/Kastamonu regions which mainly consist of Fir stands selected as the research areas. As a source of actual data in the study, we used 5 different remote sensing data, including Göktürk-2, Rasat and aerial photographs taken by digital cameras previously unused for similar purposes, using multi regression of Spss 20.0 software were proved the relationship between stand parameters (the number of trees, basal area and volume) and the pixel values of the satellite images and different vegetation indexes obtained by the Erdas Imagine software program presented.

According to the obtained results, Ladsat 8 satellite image gave highest estimates considering models developed for the estimation of number of trees, basal area and volume for both areas. Adjusted R square of volume and basal area models were found as 0.50 and 0.49 respectively in Kelkit and 0.48 and 0.43 for İğdir research area.

According to obtained results, models with highest coefficient of determination values and minimum standart error were selected among the models and applied to both research area. Finally, outputs were compared with actual stand type map.

Key Words: Forest management, Stand parameters, Remote sensing, GÖKTÜRK-2, RASAT, Digital Aerial Photograph

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Elektromanyetik spektrumda dalga boyu ve enerjinin değişimi.....	15
Şekil 2.	İğdir araştırma alanında aynı bölgeye ilişkin farklı konumsal çözünürlükler (1/10000).....	17
Şekil 3.	Kelkit araştırma alanında aynı bölgeye ilişkin farklı konumsal çözünürlükler (1/10000).....	18
Şekil 4.	Hartita Genel Komutanlığı tarafından renkli hava fotoğrafı çekim durumu (HGK, 2014)	23
Şekil 5.	Harita Genel Komutanlığı tarafından fotoğraf çekiminde kullanılan dijital hava kameraları	23
Şekil 6.	Kelkit OİŞ ve İğdir OİŞ'nin konumsal gösterimi	24
Şekil 7.	Kelkit araştırma alanının konumsal gösterimi	26
Şekil 8.	İğdir araştırma alanının konumsal gösterimi	27
Şekil 9.	Araştırmada izlenen iş akışı	30
Şekil 10.	Kelkit araştırma alanı örnekleme alanların konumsal dağılımı (Ölçek:1/75000)	31
Şekil 11.	İğdir araştırma alanı örnekleme alanlarının konumsal dağılımı (Ölçek:1/40000)	32
Şekil 12.	İğdir araştırma alanında örnekleme alanı alımı.....	33
Şekil 13.	Erdas Imagine 2014 programında bantların birleştirilmesi.....	35
Şekil 14.	Degrade komutu ile çözünürlüğün düşürülmesi	35
Şekil 15.	Landsat görüntüsünün koordinatlandırılması.....	36
Şekil 16.	WorldView-2 görüntünün kesilmesi.....	37
Şekil 17.	Erdas Imagine 2014 programı yardımıyla atmosferik düzeltmenin gerçekleştirilmesi	37
Şekil 18.	Landsat-8 uydu görüntüsünde bantların ayrılması.....	38
Şekil 19.	Geliştirilen regresyon modellerinin ArcMap 10.1 yazılımı kullanılarak araştırma alanlarına uygulanması.....	42
Şekil 20.	İğdir araştırma alanı meşcere hacminin normal dağılım görüntüsü ve elenen örnekleme alanları.....	43
Şekil 21.	Kelkit araştırma alanı meşcere hacminin normal dağılım görüntüsü ve elenen örnekleme alanları.....	44
Şekil 22.	İğdir araştırma alanı ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasındaki serpilme (saçılma) grafiği	44

Şekil 23. Kelkit araştırma alanı ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasındaki serpilme (saçılma) grafiği	44
Şekil 24. Kelkit araştırma alanı model hacim haritası	58
Şekil 25. Kelkit araştırma alanı AP hacim haritası	59
Şekil 26. Kelkit araştırma alanı model ile AP hacminin karşılaştırılması	59
Şekil 27. Kelkit araştırma alanı gelişim çağlarını dikkate alan model hacim haritası ile AP hacim haritası karşılaştırılması	60
Şekil 28. Kelkit araştırma alanında farklı gelişim çağlarının dikkate alınmasıyla elde edilen model çıktılarının AP hacmi ile karşılaştırılması	60
Şekil 29. İğdir araştırma alanı model hacim haritası.....	61
Şekil 30. İğdir araştırma alanı AP hacim haritası.....	61
Şekil 31. İğdir araştırma alanı model ile AP hacmi karşılaştırılması.....	62
Şekil 32. İğdir araştırma alanında farklı meşcere tiplerinin dikkate alınmasıyla elde edilen model çıktılarının AP hacmi ile karşılaştırılması	62

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Landsat 8'in bazı özellikleri	19
Tablo 2. Landsat 8 uydusunun bant değerleri	19
Tablo 3. Rasat uydusunun bazı özellikleri	20
Tablo 4. Rasat uydusunun bant değerleri	20
Tablo 5. Göktürk-2 uydusu bazı özellikleri.....	21
Tablo 6. Kelkit OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2013).....	25
Tablo 7. İğdir OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2014).....	27
Tablo 8. Kelkit OİŞ saf Sarıçam meşcere gelişim çağlarının kapalılığa göre alansal dağılımları ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları (OGM, 2013)	31
Tablo 9. İğdir OİŞ değişik yaşlı Gökmar meşcere tiplerinin alansal dağılımı ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları	32
Tablo 10. Araştırma alanlarında meşcere hacminin belirlenmesinde kullanılacak olan tek girişli ağaç hacim tabloları (OGM, 2013, 2014).....	34
Tablo 11. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri	40
Tablo 12. Kelkit araştırma alanı meşcere parametreleri korelasyon analizi sonuçları.....	45
Tablo 13. İğdir araştırma alanı meşcere parametreleri korelasyon analizi sonuçları	45
Tablo 14. Kelkit araştırma alanı için meşcere parametreleri ile Landsat 8 uydusu bant değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları	45
Tablo 15. İğdir araştırma alanı için meşcere parametreleri ile Landsat 8 uydusu bant değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları	46
Tablo 16. Kelkit araştırma alanına ilişkin tüm gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları.....	47
Tablo 17. Kelkit araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları.....	49
Tablo 18. İğdir araştırma alanına ilişkin tüm meşcere tipleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları	52
Tablo 19. İğdir araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları.....	54

SEMBOLLER DİZİNİ

AP	:Amenajman planı
Ar	:Ardıç
ATCOR	:Atmospheric Correction
B	:Uydu görüntüsü bandı
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
Çk	:Karaçam
Çs	:Sarıçam
Çz	:Kızılçam
ED-50	:European datum-1950
ERTS	:Earth Resource Technology Satellite
ETM+	:Enhanced Thematic Mapper Plus
GA	:Optimale kıyasla, kalın çap basamaklarında fazla sayıda ağaç bulunmasına karşın, orta ve ince çap basamaklarında az sayıda ağaç bulunan seçme ormanı
GB	:Optimale kıyasla, ince çap basamaklarında fazla sayıda ağaç bulunmasına karşın, orta ve kalın çap basamaklarında az sayıda ağaç bulunan seçme ormanı
GC	:Optimale kıyasla, orta çap basamaklarında fazla sayıda ağaç bulunmasına karşın, ince ve kalın çap basamaklarında az sayıda ağaç bulunan seçme ormanı
GD	:Yukarıdaki üç sapma biçiminin dışında kalan ya da bunların karışımından oluşan seçme ormanı
Gn	:Gürgen
GY	:Göğüs yüzeyi (m ² /ha)
G	:Göknar
GPS	:Küresel Konumlama Sistemi
HGK	:Harita Genel Komutanlığı
Kn	:Kayın
Ks	:Kestane
Kv	:Kavak
M	:Meşe
N	:Ağaç sayısı (adet/ha)
NDVI	:Normalized Difference Vegetation Index
SAVI	:Soil Adjusted Vegetation Index
OİŞ	:Orman İşletme Şefliği
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
V	:Hacim (m ³ /ha)
UTM	:Universal Transforms Mercator

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya alanının yaklaşık % 30'unu (39 milyon km²) oluşturan ormanlar, topluma gıda, yakıt, barınak, temiz hava, kaliteli su, ilaç, gelir kaynağı, dinlenme, gibi birçok ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel faydalar sunan doğal bir kaynaktır. Örneğin ormanlar mevcut biyoçeşitliliğin % 80'ini ve karasal bitki karbon stoğunun da %80-90'ını tek başına barındırmaktadır (Watson vd. 2000). Bununla birlikte, paha biçilemeyen bu doğal kaynağın topluma sunduğu ürün ve hizmetlerin sürekli olabilmesi, tabiatına uygun olarak devamlılık ilkesi ile işletilmesine bağlıdır. Çünkü artan insan ihtiyaçlarının düzensiz ve plansız bir şekilde sağlanması; erozyonla toprakların kaybolması, çevre kirlenmesi, doğal hayatın kaybolması, ormanların sağlık durumlarının bozulması ve uzun vadede ekosistem sürecinin sürekliliğinin sağlanamaması gibi pek çok sorunları da beraberinde getirmektedir.

Türkiye ormanlarının tamamına yakını devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, Orman Genel Müdürlüğü tarafından sürdürülebilirlik ilkesi esas alınarak işletilmektedir. 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 26. maddesinde yer alan "...Devlet ormanlarından yapılacak istihsal, Orman ve Su İşleri Bakanlığınca tespit olunacak esaslar dairesinde ve *amenajman planlarına* göre Devlet tarafından yapılır..." hükmünün bir uygulaması olarak ülke ormanlarının tamamı orman amenajman planları ile işletilmektedir. Bu planlar Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı tarafından 10 veya 20 yıllık süreler için orman işletme şefliği bazında yapılmaktadır. Yapılacak üretim çalışmaları veya orman ekosisteminin sağlayacağı diğer fonksiyonlardan yararlanma işlemlerinin tümü amenajman planları doğrultusunda yürütülmekte, bu planlar orman ekosistemlerinden yararlanmanın düzenlenmesinin temel dayanağı olmaktadır. Dolayısıyla, orman amenajman planları, orman ekosistemlerinin gerek odun hammaddesi ve odun dışı ürünler üretimi ve gerekse üretim dışı diğer hizmetlerden sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde yararlanmayı düzenleyen temel araçlardır. Bununla birlikte, orman kaynaklarının planlanmasında başarılı olabilmek için güncel ve güvenilir bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Schreuder vd., 1993; Köhl, 2004; Kangas vd., 2006). Orman

ekosistemlerinde sözü edilen bilgi orman envanteri ile sağlanmaktadır.

Orman envanteri, planlama çalışmalarının çok önemli bir aşamasıdır. Yeterli ölçüde ayrıntıya, doğruluğa ve güven düzeyine sahip bir orman envanteri iyi ve doğru bir planlamanın ön koşulu olduğu için orman amenajmanı açısından orman envanterinin büyük önemi bulunmaktadır. Orman envanterinin amacı, öngörülen doğruluk ve maliyet kısıtları çerçevesinde ve belirlenen zaman dilimi içerisinde orman kaynakları ve bu kaynakların fiziksel çevreleri hakkındaki mevcut nitel ve nicel bilgileri elde etmektir. Ana amaç, ormanların mevcut durumunun (alan, servet, vb.) ve zamana bağlı olarak meydana gelen değişimlerin (büyüme ve artım gibi) ortaya konulmasıdır. Son yıllarda ormanlardan çok amaçlı faydalanmanın giderek artması ve yaygınlaşmasına bağlı olarak orman envanterinin kapsamı da genişlemektedir (Laar ve Akça, 1997; Köhl, 2004).

Orman envanterinde, para, zaman ve emek olarak, giderleri en fazla etkileyen konu, birim alanda hacim ve hacim artımının belirlenmesidir. Günümüzde modern envanter yöntemleri uygulanarak, hangi hata miktarı ile çalışmak istediğimiz için başlangıcında belirlenebilmekte ve sonuçta da, bu hata sınırı içerisinde kalıp kalmadığımız denetlenebilmektedir. Tüm alan hacmi ancak, var olan ağaçların tek tek hacimlerinin belirlenerek, bunların toplanması ile bulunabilir. Fakat böyle bir çalışma göze alınamaz, buna kalkışılrsa, orman canlı varlık olup, sürekli değiştiği için, envanterin belli zaman içerisinde bitirilmesi zorunluluğu bulunduğundan, zamanında bitirilemez ve böylesine güç bir çalışma başarılabilse dahi, ekonomik olmaz. Zaman ve ekonomik kısıtlardan dolayı tüm alan yerine, örnek alan alınması, bunlarda yapılacak ölçülerle, meşcere hacminin bulunması yoluna gidilmektedir.

Orman envanterinde 4 temel ilkedden bahsedilmektedir (Kapucu, 2004). Bunlar;

- Ölçme ve gözlemleri sadece envanter konularıyla sınırlı tutmak ve gerekli olmayan bilgi ve dökümanları dikkate almamak,
- Amaca en uygun doğruluk, güven düzeyi ve hata yüzdesi ile yetinmek,
- Amaca en uygun araç ve yöntemi seçmek,
- Ölçme ve gözlemlerin tam alan yerine örnekler üzerinde yapılmalı ve toplanan bilgilerin bilgisayar ortamında, istatistik yöntemlerle değerlendirilmektedir.

Envanter sırasında ölçülecek ögenin yerine ve içeriğine göre, gerekli doğruluğu sağlayan ve envanter maliyetini düşüren en ucuz bilgi kaynağına ve ölçme yöntemine başvurulmaktadır. Ağaç servetinin tahmininde yersel ölçümler yerine hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin kullanılması buna örnek olarak verilebilir. Envanter yöntemleri önceleri sadece yersel ölçmelere dayanmakta iken, daha sonra hava fotoğraflarından bu amaçla yararlanılmıştır.

İlk hava fotoğrafının 1858'de Gaspard Felixa Tournachon tarafından 700 feet yükseklikten Paris'de çekilmesinin ardından, ormancılık alanındaki ilk hava fotoğrafı 1887'de çekilmiş ve 1892 de Avusturya'da orman envanterinde kullanılmıştır. Wilbur Wright ve yolcusu L.P. Bonvillain'in 1908'de uçaktan ilk hava fotoğrafını çekmeleri ve sonrasında II. Dünya Savaşı'nda keşif amacıyla hava fotoğrafı kullanımının büyük önem kazanması, soğuk savaş döneminde yerini uyduya dayalı gelişmelere bırakmıştır. Özellikler Landsat-1'in (önceden ERTS) 1972 yılında başarı ile çalışması uzaktan algılamayı ve kullanılan teknikleri tümüyle gözden geçirmeye neden olmuştur. Yüksek yersel çözünürlüklü uydu görüntülerinin 1990'larda ticari olarak sağlanabilir hale gelmesiyle de, ormancılık alanında ve özellikler orman envanterinde uyduların kullanılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar hız kazanmıştır (URL-1, 2014).

Dünyada bu gelişmeler yaşanırken, ülkemiz ormancılığında ise hava fotoğraflarının ağırlıklı olarak orman amenajman planlarında kullanıldığı bir süreç yaşamıştır. Her ne kadar ülkemizde 1850 ve 1860'lı yıllarda Tassy tarafından orman amenajman planlarının yapıldığına dair çeşitli yazılı ifadeler bulunmakla birlikte, genel kabule göre ilk orman amenajman planı 1917 yılında yapılmıştır. Ülkemizde ağaç serveti envanterinde 1955 yılına kadar Fransa, Almanya ve Avusturya'da kullanılan yöntemlerin esas alınmış olmasına karşın (Günel, 1973), 1955 yılında çıkarılan amenajman yönetmeliği ile yersel ölçümler ile hava fotoğraflarının birlikte değerlendirildiği *kombine envanter* uygulamasına geçilmiştir (Eraslan, 1963). Ancak, kısa zamanda tüm ormanlar için hava fotoğraflarının elde edilememesi nedeniyle bu yöntemin 1955-1963 yılları arasında kullanılması mümkün olmamıştır (Eraslan, 1985; Eraslan, 1992). Türkiye'nin ulusal ekonomisi yönünden olduğu kadar ormancılık sektörü için de 1963 yılı önemli bir yıl olmuş ve 1963-1972 yılları arası dönemde kalkınma planlarında ormancılık sektörü için tespit edilen hedeflere ulaşılması amacıyla Türkiye'deki bütün ormanların amenajman planları, 10 yıllık bir sürede tamamlanmıştır. Bu süreçte, ortalama 1/20000 ölçekli hava fotoğraflarından ve yersel

ölçümlerden elde edilen veriler birlikte kullanılarak kombine envanter yöntemiyle tüm ülke ormanlarının envanteri yapılmış ve amenajman planları düzenlenmiştir (Eraslan, 1985). Günümüzde halen kullanılan ağaç serveti envanteri tekniklerinin temeli, 1955 yönetmeliğinin eksikliklerini gidermek ve 1955-1972 yılları arasında edinilen deneyimleri uygulamaya aktarmak amacıyla 1973 yılında çıkarılan amenajman yönetmeliğine dayanmaktadır. Daha sonraki dönemde çıkarılan 1991 ve 2008 yılları amenajman yönetmelikleri de ağaç serveti envanterinde 1973 yönetmeliği ile çok farklı bir yapı göstermemiştir. 1973 ve 1991 yönetmeliklerinde orman envanterinde, hava fotoğrafları ve yersel ölçümlerle uygulanacak kombine envanter yönteminin kullanılacağı ifade edilmiş, 2008 yönetmeliğinde ise hava fotoğraflarına ek olarak uydu görüntülerinin de kullanımı gündeme gelmiştir. Bu süreçte, farklı ölçeklerde 1991 yılına kadar siyah beyaz olarak çekilen hava fotoğrafları, bu yıldan sonra renkli kızılötesi olarak çekilmiştir. Harita Genel Komutanlığı tarafından hava fotoğrafları 2008 yılından itibaren ise, 30 cm ve 45 cm yersel çözünürlüğe sahip 4 bantlı dijital kamera ile çekilmektedir.

İlk doğal kaynak izleyen uydu olan Landsat-1'in 1972 yılında fırlatılması ve yararının kısa sürede anlaşılmasından sonra, farklı ülkeler doğal kaynak izleyen uydularını geliştirerek uzaya fırlatmışlardır. Ülkemiz, gelişmelere uzak kalmamış ve 2003 yılında BİLSAT'ı devreye alarak, 12 m siyah beyaz ve 26 m'de renkli görüntü sağlayabilen ilk doğal kaynak izleyen uyduya sahip olmuştur(URL-2, 2014). Söz konusu uydumuz 2006 yılında pilleri biterek atıl konuma geçmiş ve 2011 yılında ise ikinci doğal kaynak uydumuz olan RASAT uzaya fırlatılmıştır. Siyah beyaz 7,5 m ve renkli ise 15 m. yersel çözünürlüğe sahip olan bu uydumuz geçtiğimiz üç yıl içerisinde ülkemizi kapsayan 1200 civarında görüntü elde etmiş ve bu görüntüler kamu kurum ve kuruluşlarının hizmetine sunulmuştur. Görev ömrü 3 yıl olan uydumuz, GÖKTÜRK-2'nin devreye alınması ile fiilen atıl duruma geçmiştir. Siyah beyaz görüntü çözünürlüğü 2,5 m ve renkli çözünürlüğü ise 5 m olan ve bu özellikleri ile yüksek çözünürlüklü uydular sınıfına giren GÖKTÜRK-2 uydusu ise 2012 yılının Aralık ayında uzaya gönderilmiş ve elde edilen görüntüler kamu kurum ve kuruluşları ile paylaşılmaya başlanmıştır.

Günümüzde uydu görüntüleri artık ulaşılması güç alanlarda, yersel ölçümlerin pahalı ve zaman alıcı olduğu durumlarda ana bilgi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde planlama sürecinde, 1963 yılından başlayarak benzer amaçlarla kombine envanter yönteminin gereği olarak hava fotoğraflarının, son yıllarda ise uydu

teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak, uydu görüntülerinin ve dijital kamera ile çekilmiş yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarının hem meşcere ayırımında hem de bilimsel çalışmalarda çeşitli meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Ülkemizde uygulamada ekran üzerinde meşcere tipi ayırımında kullanılan uydu görüntüleri, dünyada ve ülkemizde bazı akademik çalışmalarda ise hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi gibi farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

Landsat TM/ETM+ uydu görüntüleri Naseri (2003), Khorrami (2004) ve Mohammadi (2007) tarafından, meşcere hacmi, sıklık ve kapalılığın belirlenmesinde regresyon modeli geliştirilerek kullanılmış, örneğin Mohammadi (2007) hacim için geliştirdiği modelin R^2 'sini %43 ve hatasını 97.49 m³/ha bulurken, ağaç sayısının R^2 ' si %73 ve hatası da 170 adet/ha olarak bulunmuştur. Astola vd. (2004), yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak, meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen Forestime yazılımı sayesinde yersel ölçümler kullanılarak meşcere parametreleri görüntüleri mikro meşcerelere ayırarak tahmin edilmektedir. Hacim, orta çap, ağaç sayısı ve karışım oranının tahmin edilebildiği yazılımın RMSE% hatası hacim için %37, orta çap için %23, ağaç sayısı için %87, çam oranı için %111, ladin oranı için %47, ve geniş yapraklıklar için de %137 oranında bulunmuştur.

Farklı meşcere parametrelerinin Landsat-TM uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmesinde Franco-Lopez vd. (2001), Makela ve Pekkarinen (2004), Gjertsen (2006), Mc Robert, vd. (2002) çalışmalarda bulunmuşlar, Landsat-ETM+ görüntüleri yardımıyla Kajisa vd. (2008) benzer çalışmalar gerçekleştirirken, Reese vd. (2002) ve Holmström vd. (2002) SPOT uydu görüntülerini kullanmışlardır.

Son dönemde gerçekleştirilen çalışmalarda ise, hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısını doğrusal regresyon ve sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART) modelleri ile tahmin etmeye çalışmışlardır. İran'da Hyrcanian bölgesindeki ormanlarda ASTER ve SPOT-HRG görüntülerini kullanıldığı çalışmada, hacim için $R^2=74$ ve $RMSE=67.9$ m³/ha⁻¹, göğüs yüzeyi için $R^2=77.1$ ve $RMSE=3.94$ m²/ha⁻¹ ve ağaç sayısı için de $R^2=87.1$ ve $RMSE=34.71$ n/ha bulmuşlardır (Kalbi vd. 2014).

Ülkemizde de, uydu görüntülerinin meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Özkan (2003), Sarıyer Orman İşletme

Şefliği sınırları içindeki Sahilçamı ağaçlandırmalarında SPOT-5 uydu verisi ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, ağaç serveti, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy) arasındaki ilişkileri regresyon analizi ile belirlemiştir. SPOT-5 uydu verisi olarak 4 bant ve 3 indekse göre meşcere parametreleri arasında ilişki aranmış ve yansıma değerleri ile ağaç sayısı arasında istatistiksel anlamda yeterli ilişki olmadığı saptanmıştır. En yüksek NDVI indeksi kullanılarak $R^2=0.26$ hesaplanmıştır. Yansıma değerleri ile ağaç serveti arasında analiz sonucu 2.bant, 3.bant, 4.bant ve PCI indeksi belirtme katsayıları 0.50'den büyük (sırasıyla $R^2=0.50, 0.51, 0.55, 0.57$) çıkmıştır. Yansıma değerleri ile göğüs yüzeyi arasında yine 2, 3, 4.bant ve PCI indeksi arasında anlamlı ilişki olup en fazla 4. bantta ilişki çıkmıştır ($R^2=0.63$). Sonuç olarak Sahilçamı meşcerelerinde SPOT-5 uydu verisinin 4. bandı, ağaç serveti ve göğüs yüzeyi parametrelerine karşı duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

İnan (2004) gerçekleştirdiği çalışmada, Minnaert yöntemi kullanılarak topografik olarak düzeltilmiş Landsat TM ve ETM+ verileriyle yersel konumları GPS ile belirlenmiş örnekleme parsellerinden elde edilen arazi envanter karneleri ilişkilendirmiştir. Meşcere parametreleriyle, uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerin incelenmesinde 25 vejetasyon indeksi ve 4 farklı tekstür ölçümü, 5 farklı pencere boyutunda test edilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı, kademeli regresyon analizi yöntemi ve çoklu doğrusal regresyon modelleri, meşcere parametreleri ve uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır. Çalışma alanında ETM5 bandı tüm meşcere parametreleriyle güçlü ilişkilere sahip olduğu görülmüştür. Farklı çevre koşullarından yoğun olarak etkilenmeyen TK1 (Tasseled çap algoritmasının parlaklık bileşeni), PC1 (Temel bileşenler analizinin 1. bileşeni), Albedo ve MID57 gibi doğrusal bant kombinasyonları, meşcere parametreleriyle çok güçlü ($R \geq 0.8$) istatistiksel ilişkilere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Özdemir ve Mert (2007) aynı yaşlı ve tek katlı meşcerelerden oluşan Düzlerçamı yöresindeki Kızılçam ormanında, Quickbird (pan-sharpened) uydu verisinden çıkartılan spektral ve mekansal özellikler ile hektardaki gövde hacmi arasındaki ilişkileri basit regresyon analizine göre araştırmışlar; buna göre, hacim ile parlaklık değerleri arasındaki ilişkide ulaşılan en yüksek korelasyon katsayısı 0.40 olarak bulmuşlardır.

Ateşoğlu (2009), 41 adet örnekleme alanında yapılan ölçümler yardımıyla, Landsat 7 ETM+, SPOT HR-VIR, ASTER (VNIR) görüntü verilerini kullanarak, görüntü

verilerinin her bir bandı ve farklı bitki indeksleri görüntü verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Landsat görüntü verisi için, çap bağımlı değişkenin %24'lük kısmının açıklandığını, göğüs yüzeyi bağımlı değişkenin, farklı bağımsız değişkenlerle oluşturulan modellerinde %62 ile %78 oranlarda ETM bantları ve indeks görüntüleri tarafından açıklandığını tespit etmiştir. ETMtk2, ETM4, ETMalbedo, ETMndvi bağımsız değişkenleri ile oluşturulan göğüs yüzeyi bağımlı değişkeninin %78'lik kısmının açıklandığını, özellikle ETM4 ve NDVI bağımsız değişkenlerinin göğüs yüzeyi ile ilişkilerindeki korelasyon katsayılarının düşük olmasına rağmen oluşturulan modelin açıklayıcı doğruluğunu arttırmışlardır. Aynı şekilde ağaç sayısı bağımlı değişkeninin sadece ETMlai bağımsız değişkeni tarafından %32'lik kısmı, hacim bağımlı değişkeni için sadece ETMtk2 bağımsız değişkeni tarafından %52'lik kısmı açıklanmıştır. Spot uydu görüntü verisi için ise ağaç sayısı bağımlı değişkeninin sadece %12'si modele tek olarak dahil olan SPOT3 bağımsız değişkeni tarafından açıklanabilmiştir. Aynı şekilde kapalılık bağımlı değişkeninin SAVI ve Surface Albedo değişkenlerinin modele dahil olması ile %58'lik bir kısmı açıklanabilmiştir. Aster VNIR uydu görüntü verisi için kapalılık bağımlı değişkenine ilişkin modellerde tek başına Aster3 değişkeni, bağımlı değişkendeki değişimin % 49'unu açıklanırken, modele sırasıyla Asterolbedo, Aster2 ve AsterSAVI değişkenlerinin eklenmesiyle bağımlı değişkenin %66'sı açıklanabilmiştir.

Günlü vd. (2011), Kızılcasu Orman İşletme Şefliği için, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılarak arazi kullanım sınıfları ve meşcere parametrelerinin (gelişim çağı ve kapalılık) tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada referans veri olarak meşcere haritası kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kapalılığının sınıflandırma başarısı %85 ve kapa değeri 0.94, gelişim çağının sınıflandırma başarısı %78 ve kapa değeri 0.72 ve arazi kullanımının başarı değeri %87 ve kapa değeri 0.83 bulunmuştur.

Günlü vd. (2013), Ayancık-Göldağ yöresine ait saf Kayın meşcerelerinde Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerini kullanarak, 70 örnek alan verisi yardımıyla, parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiyi regresyon analiziyle ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda, Quickbird uydu görüntüsünün Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4 bağımsız değişkenleri ile elde edilen regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında en iyi ilişki ($R^2=0.70$, $RMSE=28.5 \text{ m}^3/\text{ha}$) bulunurken, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünde ise ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bağımsız değişkenlerinde ($R^2=0.54$,

RMSE=53.1 m³/ha) iyi ilişki olduğu bulunmuştur.

Şenyurt vd. (2013) Karşıkent Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan meşcerelerden alınan örnek alanların çeşitli meşcere özellikleri (meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı) ile Landsat 8 uydu görüntüsünden elde edilen bant parlaklık değerleri arasındaki istatistiki ilişkileri çoğul regresyon analizi ile modellemişlerdir. Meşcere göğüs yüzeyine ve ağaç sayısına ilişkin modellerde, Bant 2 ve Bant 4 bağımsız değişken olarak yer almış olup, model açıklayıcılığı ise sırasıyla; %65 ve %58'dür. Meşcere orta çapına ilişkin modelde ise, sadece Bant 2 bağımsız değişken olarak yer almış olup, model belirtme katsayısı ise %49 olarak bulunmuştur.

Mısır (2013), Trabzon KTÜ Eğitim ve Araştırma Ormanı'ndan alınan toplam 120 örnek alandan elde edilen yersel ölçüm verileri ve bu bölgenin 2000 yılına ait Landsat 7 ETM+ görüntülerinden elde edilen uzaktan algılama verileri yardımıyla meşcere hacminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Landsat 7 ETM + uydu görüntüsünün 6 bantına (1-5, 7) ait parlaklık değerleri ve çeşitli vejetasyon indeksleri test edilmiştir. Çalışma alanına ait hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla regresyon analizi yardımı ile meşcere hacmi ve 25 farklı bitki örtüsü indeksi değeri ilişkilendirilmiş ve sonuç olarak $R^2=0.60$ ve $Syx=36.9 \text{ m}^3$, $F=25$ olan bir regresyon modeli elde edilmiştir.

Uça Avcı vd. (2014) yaptıkları çalışmada, İstanbul il sınırları içerisinde bulunan Atatürk Arboretumu çalışma alanında 2013 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü kullanarak, segmente edilmiş görüntü için 8 farklı doku ölçütü ile üretilmiş ağırlık görüntüleri elde edilmiş ve sonuçlar bölgenin amenajman planı verileri ile karşılaştırılarak, bu bölgedeki ağaç tiplerini (M, Gn, Ks, Kn, Çk karışık 3 kapalı meşcereler) ayırt etmede en etkili sonuç veren doku ölçütleri ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışmada, her bir doku ölçütünün farklı tipte meşcere bölgeleri ile ilişkileri incelenerek, performansları değerlendirilmiştir. Doku özellikleri hakkında bilgi içeren farklı ölçüt görüntülerden hiçbirinin bölgenin özgün doku özelliğini temsil ettiği söylenememekle birlikte, her birinin farklı ağaç türleri için analiz edilerek meşcere tiplerini ayırt etmede yardımcı veri olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıda hem ulusal hem de uluslararası çalışmalarda birçok farklı uydu görüntüsünün farklı meşcere parametrelerinin belirlenmesi amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, doğal kaynak izleyen milli uydular RASAT ve

GÖKTÜRK-2 uydu görüntüleri ile yine Harita Genel Komutanlığı tarafından dijital kamera ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı henüz benzer amaçla kullanılmamıştır. Acaba milli uydularımız ve yine ülkemiz tarafından dijital kamera ile çekilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ile ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim gibi farklı meşcere parametrelerini tahmin edebilir miyiz? Elimizde mevcut olan bu veri kaynaklarını kullanarak zaman ve maliyetten tasarruf edebilir miyiz? Bahsedilen platformları diğer Landsat 8 ve WorldView-2 gibi farklı platformlarla karşılaştırdığımızda karşımıza nasıl bir durum çıkmaktadır? Bu soruların cevabı yapılan çalışma ile ortaya konmaya çalışılmıştır.

Hazırlanan çalışma kapsamında, aynı yaşlı olarak işletilen saf Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve değişik yaşlı olarak işletilen saf Gökmar (*Abies nordmanniana subs. bornmuelleriana*) meşcerelerinden alınan örnekleme alanlarında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Araştırma alanları, Sarıçam meşcerelerinin ağırlıklı olarak yer aldığı Kelkit ve Gökmar meşceresinin içerisinde ağırlıklı olarak yer aldığı İğdir (Samatlar) Orman İşletme Şeflikleri içerisinde seçilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, Erdas Imagine yazılımı yardımıyla elde edilen 5 farklı platformdan elde edilen her banda ilişkin piksel değerleri ve buna bağlı olarak hesaplanan indeksler kullanılarak meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.

Yapılan çalışma ile aynı zamanda, orta ve yüksek çözünürlüğe sahip bahsedilen platformlardan elde edilen sonuçlar ile yurt dışından temin edilen diğer Landsat 8 ve WorldView-2 gibi farklı platformları karşılaştırma imkanı ve böylece ülkemizde ilk defa milli uyduların etkinliği karşılaştırmalı olarak ortaya konması amaçlanmıştır. Çok bantlı yersel çözünürlüğü 5 m olan GÖKTÜRK-2 uydu verilerinden elde edilen sonuçlar ile, ülkemiz ormancılığında orman envanterine ilişkin somut örnek teşkil edecek olmasının yanında, meşcere tipi ayrımı, orman yolları planlaması ve çevreye verdiği zararların tespit edilmesi, yangın riski ve haritalanması, böcek zararlarını tespit edilmesi, havza planlaması gibi çok farklı alanlarda kullanımına ışık tutması hedeflenmiştir.

Gerçekleştirilen araştırma aynı zamanda yurt dışından yüksek ücretler karşılığında aldığımız uydu görüntülerinin milli uydularımızla ikame edilip edilemeyeceği yönünde bizlere fikir vermesi açısından önem arz etmekte, ödediğimiz dış kaynakları farklı alanlara

yönelme imkanı araştırılmış olacaktır. Çalışma sonuçları, yıl içinde uzaya fırlatılması düşünülen, renkli bantlarda 1 m yersel çözünürlüğe sahip GÖKTÜRK-1, yakında fırlatılması gündemde olan ve radar görüntüleri sağlayacak GÖKTÜRK-3 ve 20 cm çözünürlüğe sahip olacak GÖKTÜRK-4 uydu görüntülerinin kullanım olanakları konularında katkı sağlayacaktır.

1.2. Temel Kavramlar

1.2.1. Orman Envanteri

Plan ünitesi orman amenajman planlarını düzenlemek amacıyla, orman ekosistemini meydana getiren bitkisel, hayvansal ve mineral kökenli tüm varlıklar, bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan hizmetlerden öne çıkanlar, ürün ve hizmetlerin miktarı üzerinde etkili olan doğal ve sosyo-ekonomik faktörler, orman zarar ve hastalıkları hakkında bilgi toplama ve değerlendirme yoluyla orman envanteri yapılmaktadır. Buna göre orman envanteri aşağıdaki bölümlerden oluşur (T.C. Resmi Gazete, 2008);

- a) Alan envanteri,
- b) Yetiştirme ortamı envanteri,
- c) Biyolojik çeşitlilik envanteri,
- ç) Ağaç serveti ve artım envanteri,
- d) Odun dışı orman ürünleri envanteri,
- e) Ormanın ürün dışı fonksiyonlarının envanteri,
- f) Sosyo-ekonomik durum envanteri,
- g) Sağlık durumu envanteri.

Yapılan araştırma açısından önemli olan ağaç serveti envanteri; ormanın ölçüldüğü anda dikili ağaç servetinin ağaç türü, ağaç adedi, çap sınıfı ve yaş sınıfı, kalitesi ve artım gücü itibarıyla miktarlarının hacim ve ağırlık olarak tespiti olarak tanımlanmaktadır. Ağaç serveti ve artımı envanteri ile ilgili olarak verilen değerler kesin matematik veriler olmayıp, sadece istatistiksel olarak yaklaşık değerler olup, daima sınırı belirli bir güvenle önceden tahmin edilebilen bir hata (temsil hatası) gösterirler. Mevcut yönetmeliğimize göre, örnek alanların büyüklüğü meşcere kapalılıklarına göre 400, 600 ve 800 m² olarak alınmaktadır. Şekli ise, alanına göre çevresinin küçük olması sebebiyle daire şeklinde olmaktadır. Ağaç serveti envanteri, sistematik şekilde alınan örnekleme alanlarında tam

ölçme yapmak sureti ile tespit edilmektedir. Alınan örnek alandaki ağaç çapı hacimleri tek girişli ağaç hacim tablosundaki değerlere göre hesaplanmaktadır. Ağaç sayısı örnekleme alanına giren ağaçların sayısını ifade etmektedir. Göğüs yüzeyi ise “ $\sum \pi/4 * d^2_{1.30}$ (d: Çap)” formülü ile hesaplanmaktadır. Örnekleme alanları için bulunan bu değerler örnekleme alanları büyüklüğüne göre hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak hektara çevirmektedir.

1.2.2. Hava Fotoğrafları ve Uydu Sistemlerinin Kısa Tarihçesi

Orman envanterinde hava fotoğrafları ilk kez 1892’de Avusturya’da kullanılmıştır. 1909 yılından sonra ise, hava fotoğrafları uçaklara yerleştirilen kameralarla çekilmiş, 1950’li yıllardan sonra gelişen uzay teknolojisi sayesinde uzay araçlarına yerleştirilen algılayıcılar yardımıyla alınan uydu görüntüleri kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ilk hava fotoğrafları Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaların yapımında 1937 tarihinde kullanılmıştır. Ormancılığımızda hava fotoğraflarının kullanımı ise 1953 tarihinde orman amenajman planlarının yapımında olmuştur. HGK tarafından çekilen 1/30000-1/35000 ölçekli hava fotoğrafları yersel yöntemlerle birleştirilerek kullanılmıştır. 1963 yılında uygulamaya konulan I. beş yıllık kalkınma planı ile hava fotoğrafları ormancılıkta etkin olarak kullanılmaya başlanmış ve 1/20000 ve 1/35000 ölçekli hava fotoğrafları ile tüm ülke ormanlarının amenajman planları 10 yıl içerisinde tamamlanmıştır. Daha sonraki yıllarda 1/15000 ölçekli fotoğraflar kullanılmıştır. 1991 yılından sonra ise ülkemiz ormancılığında renkli kızılötesi hava fotoğrafları kullanılmaya başlanmıştır (Köse, 1999). Son 6 yıldır ise, hava fotoğrafları dijital kamera ile 4 bant olarak 30 cm çözünürlükle çekilmektedir.

Rusya ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) arasında soğuk savaş döneminde yaşanan rekabet, uyduların gelişmesinde önemli rol oynamıştır. Bu dönemde, ABD Rusya’yı 20000 m’den uçan U2 uçaklarıyla izlemiştir (Köse, 1997). İlk U2’nin Sovyet semalarında uçtuğu 1956 yılından önce, ABD Rusya’ya her iki ülkenin de birbirini özgürce izlemesini ve bu konuda bir antlaşma yapmayı dahi teklif etmiş, ancak bu öneri kabul görmemiştir. Ancak, U2 uçağı Rusya tarafından 1960 tarihinde düşürülünce, ABD için zorluğunun farkına varmış ve daha yüksekten uçan ya da yükseğe yerleştirilen platformların kullanılmasına yönelik Corona isimli bir program başlatmıştır. Aynı zamanda ABD’nin ilk uydu programını içeren Corona programı, 1959-1972 yılları arasında uygulamaya konmuş, başkan yardımcısı Al Gore’un bilim adamlarının çevre konusunda

yaptıkları çalışmaları desteklemesi ve program üzerindeki gizliliğin kaldırılması için başkan Bill Clinton'ı ikna etmesi üzerine yıllar sonra, 1995 yılında açığa çıkmıştır (Baumann, 2009). Bahsedilen süreç, kuşkusuz yapılan askeri yatırımlarla uyduların daha erken tarihte teknolojik olarak gelişmesini sağlamıştır. Uzaya fırlatılan ilk uydu 1957 tarihinde gönderilen Sputnik-1 olmuştur. ABD 1 yıl sonra Explorer'ı uzaya göndermiş, 1959'da ABD bir uydu daha yörüngeye yerleştirmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin uzay yatırımlarına paralel olarak ilerleyen Corona programı sayesinde, 64 askeri havaalanı tespit edilmiş ve tüm U2 hedeflerinden daha geniş bir alan hakkında bilgi sahibi olunmuş ve böylece yeni bir dönem başlamıştır. Bahsedilen süreçte Corona programı kapsamında, 12 m yersel çözünürlükten başlayarak, 1.5 m yersel çözünürlüğe kadar, geçen sürede 6 farklı kamera geliştirilmiş ve böylece uzaydan fotoğraf alımı sürdürülmüştür. İlk uydu görüntüleri diyebileceğimiz bu sistemin çektiği filmlerin dünyaya ulaştırılması da kendine özgü olmuştur. Uydular, filmleri taşıyan kapsülleri paraşütle serbest bırakacak şekilde dizayn edilmiştir. Başlangıçta bir kapsülle üretilen uydular, ilerleyen dönemde iki kapsül içerecek şekilde geliştirilmiştir. Kapsüller paraşütle düşerken, bir savaş uçağı tarafından havada teslim alınmıştır. Havada yakalanamaması ve suya düşmesi durumunda ise, yüzecek şekilde tasarlanmışlardır. Corona programı tarafından, sonlandığı 1972 yılına kadar 121 fırlatma ve 156 kapsül yakalama sonunda 800 000 görüntü elde edilmiştir. ABD bu programın da içinde bulunduğu uzay araştırmalarına 1967 yılına kadar yaklaşık 35-40 milyar dolar harcamıştır. Corona programı, eş zamanlı bilgi ulaştıramadığı, ilk çekim tarihinden sonra bazen haftalar sonra görüntüye ulaşılabildiği, filmlerin kapsüllerle dünyaya inişi sırasında çokça problemler yaşanması vb. nedenlerle 1972 tarihinde sonlandırılmış ve yeni görüntüleri dijital olarak iletebilen, gece çekimi yapabilen, istenildiğinde görüntüyü transfer edebilen keşif uydularına bırakmıştır. Rusya Corona programına benzer amaçlar için, farklı şekilde dizayn edilmiş Zenit-2 programını 1961'de başlatmış ve iyi görüntüler elde etmiştir (Baumann, 2009).

1960'lı yıllarda radyo konusunda büyük atılımlar yapılmıştır. Meteorolojik uydular gerçek anlamda 1960'lı yıllardan itibaren yer almaya başlamış, Rusya 12 Nisan 1961'de Vostok-1 uydusuyla Juri Gagarin'i uzaya göndererek, dünya çevresinde 1 kez dolaşmasını sağlamıştır. Amerika 1961'de Shappard adlı kişiye gökyüzü gezisi yaptırmıştır. 1962'de Telstar adlı uyduyu Amerika uzaya göndermiş ve böylece ABD ile Avrupa arasında

televizyon haberleşmesi sağlanmıştır (URL-3, 2014).

Bahsedilen gelişmeler sonrasında, uzaktan algılama konusunda mihenk taşı sayılabilecek olan, Landsat 1'in (önceden ERTS-Earth Resources Technology Satellite) fırlatılması ve çok sayıda kullanıcıya ulaşarak yararlı bilgiler sunması süreci yaşanmıştır. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu başkanı William Pecora, ABD'nin 1960'larda yürüttüğü Mercury, Gemini ve Apollo programlarının başarısı sonrasında, 1965 yılında bilimsel ve araştırma amaçlı sivil uydu kullanımına ilişkin bazı fikirler ortaya atmışsa da, bütçe kısıtları nedeniyle Maliye Bakanlığı, Corona programının ve buna bağlı olarak kullanılan teknolojinin açığa çıkabileceği gerekçesiyle Savunma Bakanlığı ile diğer ülkeler hakkında izin alınmadan bilgi sahibi olunmaması gerektiğini savunan bazı politikacılar tarafından bu fikre karşı çıkmıştır. Sonrasında, 1966 yılında NASA, ABD İç İşleri Bakanlığı tarafından doğal kaynakların izlenmesine yönelik bir uydu üretimi için baskı görse de, bütçe konusunun açıklığa kavuşturulamaması ve İç İşleri Bakanlığı ile Tarım Bakanlığı arasında sensör konusundaki anlaşmazlıklar programın ertelenmesine neden olmuştur. Bununla birlikte NASA, 1970 yılında Landsat-1'i geliştirmek için onay almış ve 1972 yılında da uzaya fırlatmıştır. Landsat-1 ile esas itibari ile dünya yüzeyi ve özellikle kara kütlelerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ancak, Landsat-1 yukarıda da bahsedildiği üzere, uzaktan algılamada devrim yaratacak yenilikler içeriyordu. Görüntüler dijital ve çok bantlı olarak elde edilebiliyordu. RBV (Return Beam Vidicon) ve MMS (Multispectral Scanner System) isimli iki farklı görüntü sensör sistemi bulunan Landsat-1, sonlandırıldığı 1978 yılına kadar 300 000'in üzerinde görüntü elde etmiştir. Landsat 1, 4 farklı bant, 185 km, 170 km. görüntü alanı ve 56 m x 79 m çözünürlüğe sahipti. Landsat görüntülerinin oldukça ucuz ve kolay temin edilebilir olması kısa sürede ABD ve diğer özel şirketler yanında, Rusya ve diğer petrol şirketlerinin en önemli müşteri konumuna gelmesini sağlamıştır. MSS sensörü sistemin ana unsuru olmuş ve onun başarısı diğer Landsat uyduları ile diğer ülkeler ve özel şirketler tarafından geliştirilen uydularının yolunu açmıştır (Baumann, 2009).

Bahsedilen dönemde dikkati çeken başlıca gelişmeler:

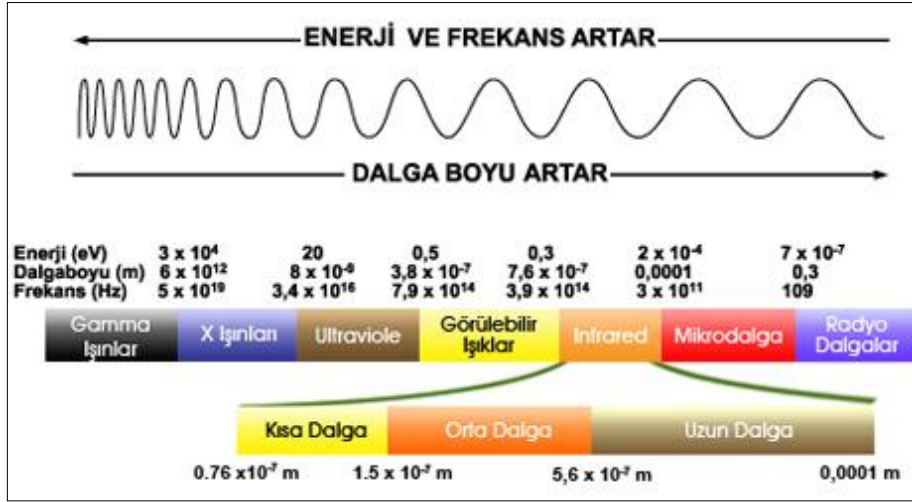
- Uzaktan algılama araçlarının, uçaklardan çok daha fazla alanın gözlemlenebilmesine imkan tanıyan uydulara takılarak platform geçişi yaşanması,

- Uyduların gelişmesine paralel olarak, “uzaktan algılama” teriminin dünya literatürüne girmesi,
- Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, görüntülerinde analog ortamdaki dijital ortama geçilmesi,
- Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde dünya yüzeyini kaydedebilen farklı algılayıcıların devreye girmesi,
- Sosyal gelişmelere bağlı olarak çevre bilincinin artması ve bunun sonucunda çevre, arazi değişimi vb. konularında değişikliklerin belirlenmesi ve izlenmesi konusunda araştırmalar yapılmaya başlanması olarak sıralanabilir.

1.2.3. Uydu Görüntülerine İlişkin Bazı Temel Bilgiler

Uydular, kullandıkları enerji kaynaklarına göre aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pasif algılamada Güneş gibi başka bir kaynaktan gelen ışınların cisimlere çarptıktan sonra uyduya ulaşarak elde edilen algılama yöntemidir. Bu yöntemde gece ve gündüz olması başarıyı direkt etkileyeceği gibi meteorolojik etmenler de etkilidir. Bu tip algılama yapan algılayıcılar güneşin gönderdiği ışınlar vasıtasıyla yansıyan cisim ışınlarını ölçerler. Aktif algılama ise uydunun kendi kaynakları ile yaptığı algılamadır. Bu yöntemde gece gündüz olması veya meteorolojik etmenler çok önemli değildir. Bu tip algılayıcılar güneş enerjisine ihtiyaç duymazlar kendi ışınlarını kendileri gönderir ve tekrar geri almak suretiyle görüntü elde ederler (URL-4, 2014).

Görüntü oluşumu elektromanyetik enerji kavramına dayanmaktadır. Güneş, foton adı verilen elektromanyetik enerjiye sahip kütleli parçacıklar yaymaktadır. Elektromanyetik enerji, c ışık hızında sinüzoidal ve harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bir enerji olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1) (URL-5, 2014).



Şekil 1. Elektromanyetik spektrumda dalga boyu ve enerjinin değişimi

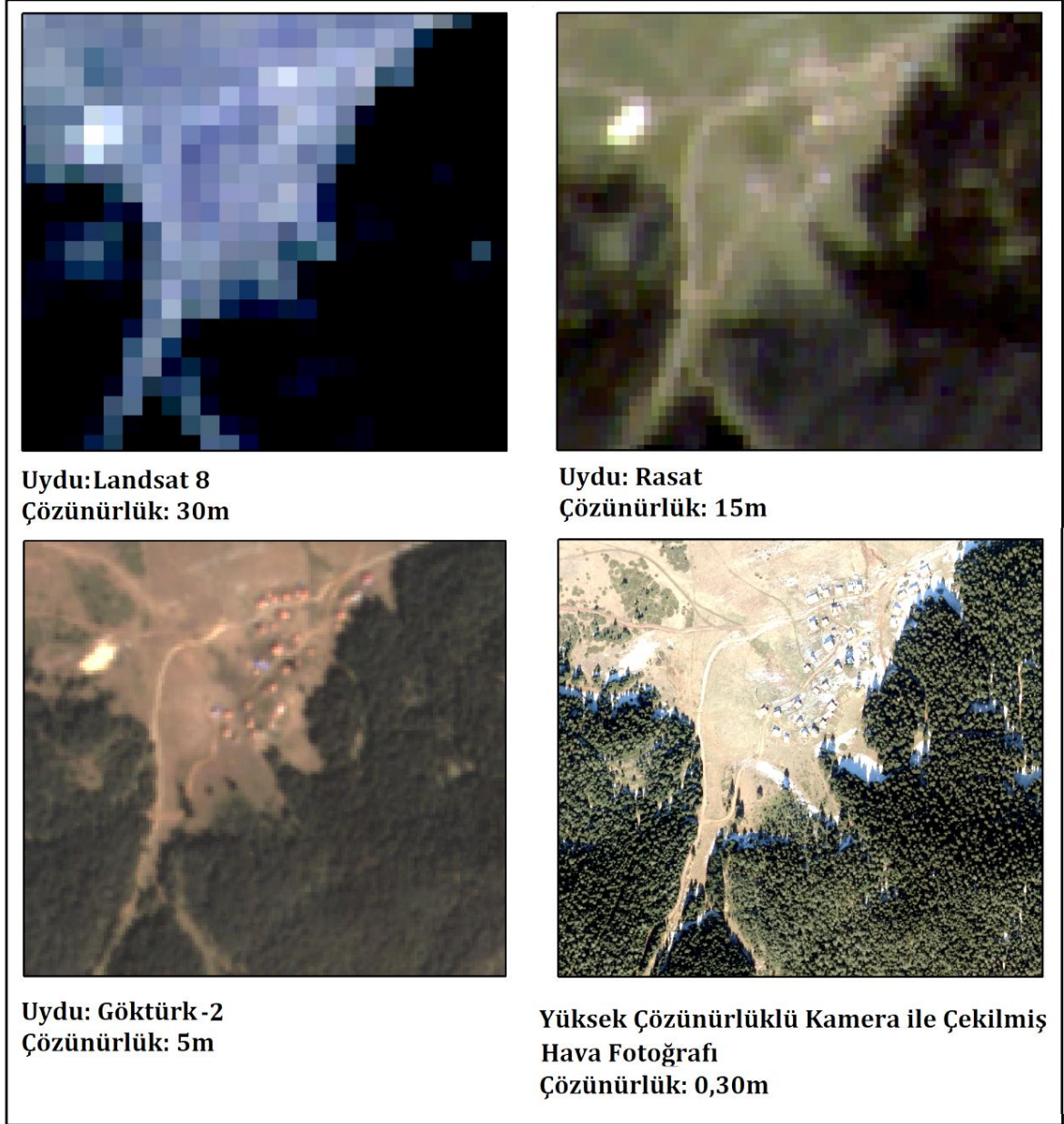
Her biri farklı enerjiye sahip fotonlar, bir cisme çarptığında, bir kısmı cisim tarafından emilmekte, bir kısmı diğer yönlerde saçılmakta ve bir bölümü de atmosfere geri gönderilmektedir. Teori gereği, foton bahsedilen bu işlemlerde bütün olarak hareket etmekte ve enerjisinde bir azalma ya da bölünme olmadan yansımakta, saçılmakta veya emilmektedir. Uyduların temel çalışma prensibi, atmosfere geri dönen ve algılayıcılarına ulaşan fotonların enerjisini ölçme işlemine dayanmaktadır. Her cisim mevsime, sıcaklığa veya geliş açısına göre değişmekle birlikte aynı şartlar altında fotonlara, yansıtma, soğurma veya saçılma işlemleri dikkate alındığında aynı davrandığı ya da aynı işlemi uyguladığı için uydu tarafından o cisimden dönen fotonların enerjileri o cisim için benzersiz ya da eşsiz olmaktadır. Fotonların hangisinin, diğer bir ifade ile hangi dalga boyuna sahip fotonların ya da başka bir anlatımla hangi enerjiye sahip fotonların ölçüleceği ilgili uydunun spektral çözünürlüğüne bağlı olarak değişmektedir (URL-6, 2014).

Gerçekleştirilen çalışmada, tümüyle pasif algılayıcılar kullanılmış olup, aktif platformlar kullanılmamıştır. Uydular için 5 farklı çözünürlük tanımlanmaktadır:

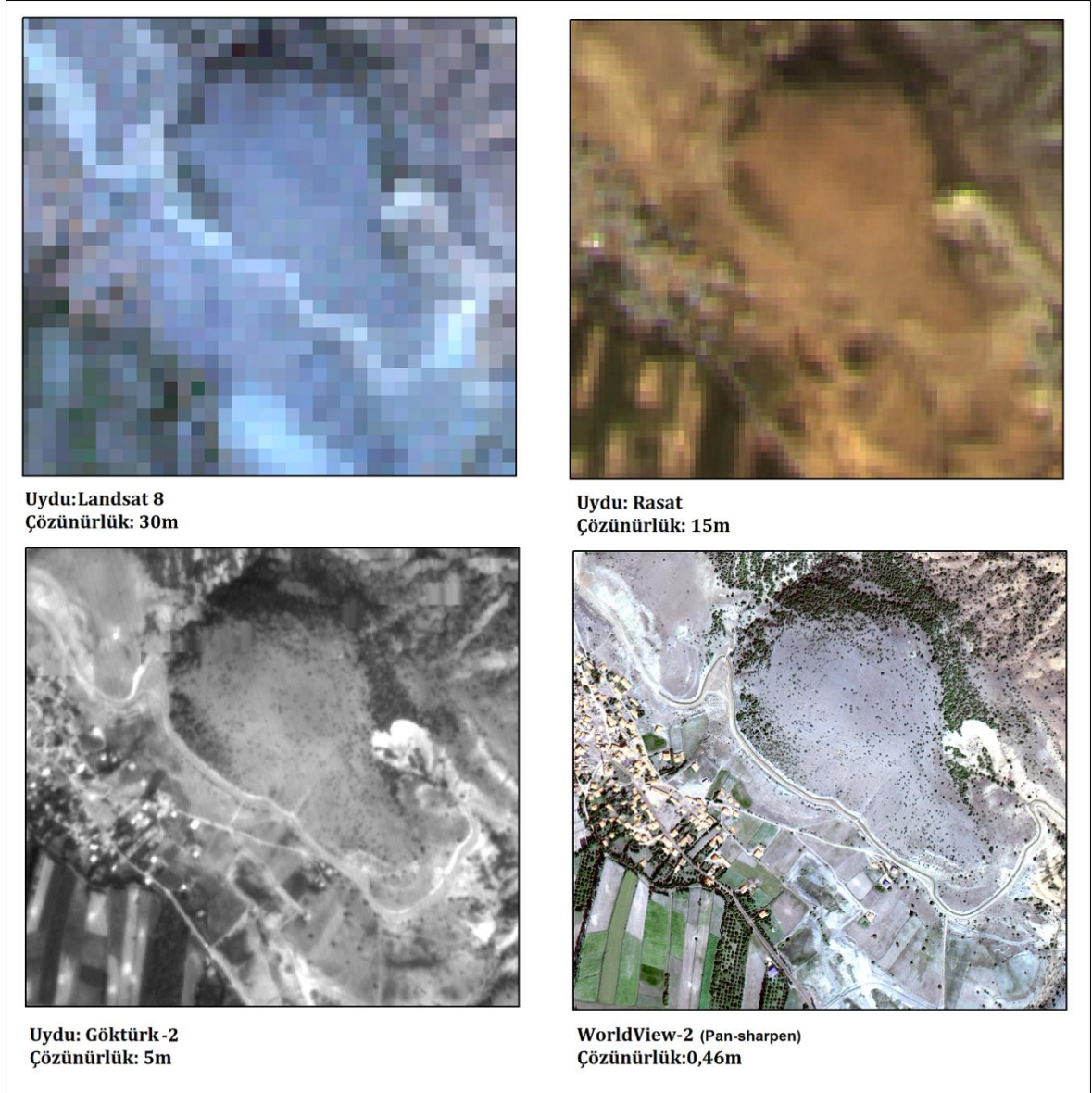
- Konumsal çözünürlük: Bir görüntüde fark edilebilen küçük detay, algılayıcının konumsal çözünürlüğü ile ilgilidir ve görülebilen en küçük hedef boyutunu tanımlar (Şekil 2 ve 3).
- Radyometrik çözünürlük: Elektromanyetik enerji miktarında sahip olunan hassasiyet radyometrik çözünürlüğü göstermektedir. Bir başka deyişle, bir görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürlüğü, enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğini gösterir. Radyometrik çözünürlük, bilgisayar ortamında ve

ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanır. 8 bitten oluşan ve bir bayt adı verilen radyometrik çözünürlük gösterimi, 0-255 arasında değişen $2^8=256$ farklı parlaklık düzeyinin dijital ortamda yer almasını sağlamaktadır.

- Spektral (bantsal) çözünürlük: Algılayıcının duyarlı olduğu dalga boyu aralıkları ile ilgilidir. Spektral çözünürlüğün iyi olması bir bandın algıladığı dalga boyu aralığının küçük olduğunu gösterir. Kuramsal olarak, spektrum ne kadar çok ve küçük parçaya ayrılırsa, spektral ayırma gücü o kadar artar. Çok gelişmiş çoklu spektral algılayıcılara hiperspektral algılayıcılar denilmektedir. Bu algılayıcılar elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve orta-kızılötesi bölgelerinde yüzlerce küçük spektral aralıkta algılama yapmaktadırlar.
- Zamansal çözünürlük: Uzaktan algılama sisteminin aynı bölgeyi görüntüleme sıklığı ile ilgilidir. Bir bölgedeki spektral karakteristikler zamanla değişebilir ve çok-zamanlı görüntü setleri kullanılarak değişim analizi yapılabilir.
- Parasal çözünürlük: Birim alan için uydu görüntüsünün temin maliyetini ifade etmektedir.



Şekil 2. İğdir araştırma alanında aynı bölgeye ilişkin farklı konumsal çözünürlükler (1/10000)



Şekil 3. Kelkit araştırma alanında aynı bölgeye ilişkin farklı konumsal çözünürlükler (1/10000)

Çalışma kapsamında ele alınan uydu görüntüleri ve dijital kamera ile çekilen hava fotoğrafları hakkında bazı genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

1.2.3.1. Landsat 8 Uydusu

Amerikan gözlem uydusu olan Landsat 8, 11 Mayıs 2013'te uzaya fırlatılmıştır. Landsat 8, NASA'nın sekizinci uydusu olup, yiyecek, su ve ormanlar gibi insanlar için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında Landsat programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanmıştır. Landsat 8, Landsat 7'nin yörüngesine katılmış olup çektiği göz kamaştırıcı görüntülerin yanında bilimsel veriler de sağlamaktadır.

Tablo 1. Landsat 8'in bazı özellikleri

Landsat 8 Uydusu	
Fırlatılma Bilgisi	11 Mayıs 2013
Uydu Ömrü	5-10 yıl (planlı)
Çerçeve genişliği	170 x 185 km ²
Bant adetleri	11
Çözünürlük	Siyah Beyaz:15m, Renkli:30m, Termal:100m
Yükseklik	705 km
Ağırlık (kg)	2071 kg

Landsat 8 uydusu, görünür, yakın-kızılötesi, kısa dalga kızılötesi ve termal kızılötesi aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta yersel çözünürlüğe sahiptir.

Tablo 2. Landsat 8 uydusunun bant değerleri

	Spektral Bant	Dalga boyu (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	Kıyı / Aerosol	0.43 - 0.45	30
Bant 2	Mavi	0.45 - 0.51	30
Bant 3	Yeşil	0.53 - 0.59	30
Bant 4	Kırmızı	0.64 - 0.67	30
Bant 5	Yakın kızılötesi (NIR)	0.85 - 0.88	30
Bant 6	Kısa dalga boyu kızılötesi	1.57 - 1.65	30
Bant 7	SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Bant 8	Pankromatik	0.50 - 0.68	15
Bant 9	Cirrus	1.36 - 1.38	30
Bant 10	Uzun dalga boyu kızılötesi	10.60 - 11.19	100
Bant 11	Uzun dalga boyu kızılötesi	11.50 - 12.51	100

Landsat 8 iki farklı cihaz taşımaktadır:

- OLI (Operational Land Imager), daha önceki geleneksel bantların yanında kıyı/aerosol çalışmaları için derin mavi bandı, sirus bulutlarının tespiti için kısa dalga infrared bant ve bir de kalite değerlendirme bandı içermektedir.
- TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensörü iki adet termal banda sahiptir. Bu sensörler sinyal-gürültü radyometrik performansı 12 bit üzerinde radyometrik çözünürlük sağlamaktadır. 8 bit 256 gri seviye renge göre 4096 potansiyel gri renk seviyesi sağlamaktadır. Ürünler 16-bit olarak teslim edilmektedir. (URL-7, 2014). Landsat8 uydusunun bazı özellikleri Tablo1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

1.2.3.2. Rasat Uydusu

Tasarımı ve üretimi Türkiye'de gerçekleştirilen ilk yer gözlem uydusu, aynı zamanda da Türkiye'nin BiLSAT uydusundan sonra ikinci uzaktan algılama uydusu olan Rasat, 17 Ağustos 2011 tarihinde Rusya Federasyonu'nun Yasny Fırlatma Üssü'nden Dnepr fırlatma aracıyla uzaya gönderilmiştir. (URL-8, 2014)

Tablo 3. Rasat uydusunun bazı özellikleri

Rasat Uydusu	
Fırlatılma Bilgisi	17 Ağustos 2011
Uydu Ömrü	3 yıl
Çerçeve genişliği	30 km şerit genişliği
Bant adetleri	3
Çözünürlük	Siyah Beyaz:7.5m, Renkli:15m
Yükseklik	700 km
Ağırlık	93 kg

1/25000 ölçekli haritaların oluşturulması ve güncellenmesi, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto oluşturma, arazi kullanımını haritalama, kırsal kadastro, orman yangını izleme ve tahribinin haritalanması, su baskını haritalama ve tahmini, heyelan alanlarını haritalama, deprem sonrası yıkılmış binaların ve hasarın tespiti, afet yönetimi için güncel tematik verilerin oluşturulması, orman tahribatının ve ormanlaşmanın izlenmesi, kıyılardaki değişimin izlenmesi, denizde petrol sızıntılarının belirlenmesi ve kirliliğin haritalanması, kentsel gelişimin izlenmesi, kaçak yapılaşmanın tespiti ve 3 boyutlu simülasyon oluşturma gibi çeşitli kullanım alanlarına sahip olan Rasat uydusunun şerit genişliği 30 km'dir (URL-9, 2014).

Tablo 4. Rasat uydusunun bant değerleri

	Spektral Bant	Dalgaboyu (μm)
Bant 1	Mavi	0.42 – 0.55
Bant 2	Yeşil	0.55 – 0.58
Bant 3	Kırmızı	0.58 – 0.73
	Pankromatik	0.42 – 0.73

Radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü ise 4 gün olan RASAT uydusunun yersel çözünürlüğü siyah beyazda 7.5 m çok renklide ise 15 m'dir. Tahmini görev ömrü 3 yıl olarak tasarlanan RASAT uydusu yakında atıl duruma geçecektir. RASAT uydusunun bazı özellikleri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

1.2.3.3. Göktürk-2 Uydusu

Dünyanın her noktasından 2.5 metre çözünürlükte görüntü alabilen, yaklaşık 400 kg ağırlığında olan, Türkiye'nin kuzey sahillerinden güney sahillerine kadar uzanan yaklaşık 600 km'lik bir şeridin görüntüsünü tek geçişte indirebilecek kadar yüksek hızlı bir veri haberleşmesine de sahip olan GÖKTÜRK-2, istenildiğinde yeryüzünün 3 boyutlu haritalarının hazırlanmasında kullanılacak stereo görüntüleme imkânları sunan yüksek manevra kabiliyetine sahiptir (URL-10, 2014).

17 Ağustos 2011'de uzaya fırlatılan ilk yerli gözlem uydusu RASAT'ın ardından GÖKTÜRK-2'nin de uzaydaki yerini almasıyla ülkemizin gözlem uydusu sayısı ikiye yükselmiştir. Bunun yanında, GÖKTÜRK-2 uydusu, RASAT uydusuna göre 3 kat daha yüksek görüntü çözünürlüğüne ve 4 kat daha yüksek kütleyle sahiptir. GÖKTÜRK-2 uydusunun bazı özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Göktürk-2 uydusu bazı özellikleri

Göktürk-2 Uydusu	
Fırlatılma Bilgisi	18 Kasım 2012
Uydu Ömrü	5 yıl
Çerçeve genişliği	Spot, Geniş Alan, Şerit, Stereo
Bant adetleri	4
Çözünürlük	Siyah Beyaz:2.5m, Renkli:5m
Yükseklik	685 km
Ağırlık	400 kg

1.2.3.4. WorldView- 2 Uydusu

WorldView-2 uydusu 2009 yılı Ekim ayında fırlatılmış olup, dünyanın 8 spektral banda sahip ilk yüksek çözünürlüklü gözlem uydusudur. WorldView-2 uydusu, 770 km yükseklikte konumlandırılmış olup hem 0.46 m yersel çözünürlüklü pankromatik hem de 1.84 m yersel çözünürlükte multispektral olarak görüntü sağlayabilmektedir. WorldView-2 uydusu ortalama 1.1 günlük yeniden ziyaret etme süresine sahiptir. Günlük 975 000 km²'lik alan çekebilme özelliğine sahiptir (URL-11, 2014).

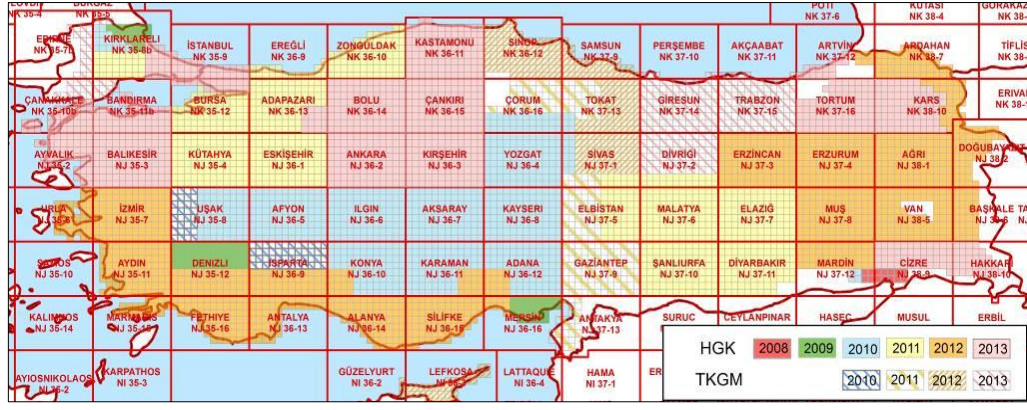
1.2.3.5. Dijital Kamera ile Çekilen Hava Fotoğrafi

Hava fotoğrafları, yeryüzünden belli bir yükseklikte bulunan kameralar yardımıyla çekilen ve güncel bilgiler taşıyan ham görüntülerdir. Bu tür görüntüler, arazi topoğrafyası, dünyanın eğikliği, kameranın görüntü alma anındaki konumu, tarama hataları gibi nedenlerden dolayı birçok geometrik bozulmaya maruz kalmaktadır. Bu hataları ortadan kaldırarak, ham görüntüden planimetrik olarak güvenilir ve doğru ortofotolar üretmek işlemine 'ortorektifikasyon' adı verilmektedir. Bu şekilde üretilen görüntüler (ortofotolar), geometrik olarak bir harita kalitesinde olmakla birlikte, üzerlerinde alınacak herhangi bir ölçüm zemin üzerinde alınmış bir ölçümü yansıtmaktadır (Sabins, 2000).

Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivinde, 1939 yılından günümüze kadar çeşitli özelliklerde çekilmiş yaklaşık 6400 adet hava fotoğrafı mevcuttur. Bu doğrultuda tüm arşiv hava fotoğraflarının ortofoto olarak üretilmesi planlanmış olup, üretimin altı yıl içerisinde tamamlanması amaçlanmaktadır. Bununla birlikte, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 2008-2014 yılları arasında Türkiye'nin yaklaşık tamamının stereo, renkli, dört bantlı (kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi) hava fotoğrafları dijital kamera yardımıyla çekilmiş ve ortofotoları üretilmiştir (Şekil 4).

Dijital hava kameraları; silikon dedektör, bilgisayar işlem hızı ve depolama kapasiteleri ile ilgili teknolojik gelişmelerle birlikte kullanılmaya başlanmış ve analog hava kameralarına rakip olarak gösterilmektedir (Şekil 5). Dijital hava kameraları:

- Klasik hava kameralarındaki banyo işlemleri ve hava fotoğraflarının taranması işlemlerini ortadan kaldırmakta,
- Görüntünün tümünde aynı kalitede (değerde) uzaysal ve radyometrik çözünürlük sağlamakta,
- Elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızıl ötesi bölgesinde aynı anda görüntü kaydını olanaklı hale getirmekte, renkli ve yapay renkli görüntüler elde edilebilmektedir.



Şekil 4. Harita Genel Komutanlığı tarafından renkli hava fotoğrafı çekim durumu (HGK, 2014)

HGK, envanterinde bulunan iki uçak ve dijital hava kameraları ile yılda yaklaşık 200 000 km² alanın 30 cm ve 45 cm çözünürlüğünde hava fotoğrafını çekme ve ortofotosunu üretme kapasitesine sahiptir. Sahip olduğu bu alt yapı sayesinde HGK, dört yılda bir Türkiye'nin tamamına ait hava fotoğraflarını güncelleyebilme imkanına sahip bulunmaktadır. Hava fotoğrafları, 2008 ve 2011 yılında temin edilen iki adet geniş format dijital hava kamerası ile çekilmektedir (Şekil 4). Bu kapsamda çekilen hava fotoğraflarını isteğe bağlı üç bantlı (RGB) veya dört bantlı (RGB+ NIR) yada 8 bit veya 16 bit olarak üretebilmektedir (Çam vd., 2013).



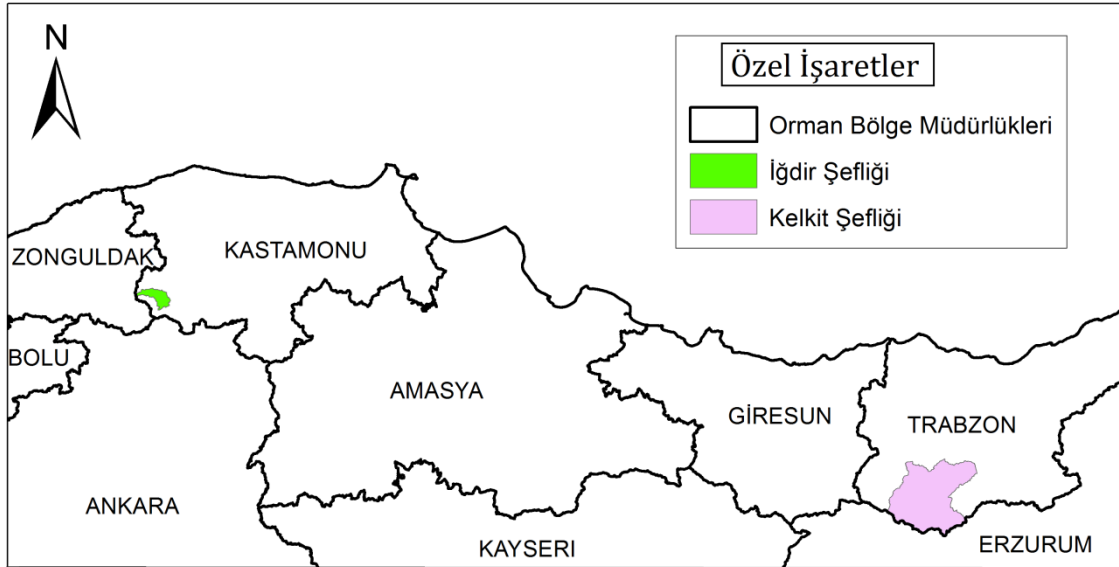
Şekil 5. Harita Genel Komutanlığı tarafından fotoğraf çekiminde kullanılan dijital hava kameraları

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri

Meşcere parametrelerini, farklı orman formlarını dikkate alarak ya da başka bir anlatımla aynı yaşlı ve değişik yaşlı olarak işletilen ormanlarda tahmin edebilmek amacıyla, iki farklı araştırma alanı seçilmiştir. Belirlenen hedeflere ulaşabilmek için seçilen araştırma alanları, aynı yaşlı olarak işletilen Sarıçam ormanlarını barındıran Kelkit Orman İşletme Şefliği (Gümüşhane) ile değişik yaşlı olarak işletilen Göknar ormanlarının bulunduğu İğdir Orman İşletme Şefliği (Kastamonu) sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Kelkit OİŞ ve İğdir OİŞ'nin konumsal gösterimi

Çalışma alanlarının belirlenmesi aşamasında, Trabzon bölgesine yakın bir alan olması istenmiş, eğimin ve buna bağlı olarak gölge etkisinin, katlı meşcere yapısı ve alt tabakanın etkisini azaltmak amacıyla bölgede yayılış gösteren ve saf ormanlar kuran Sarıçam ağaç türünün hakim olduğu Kelkit OİŞ seçilmiştir. Her ne kadar bölgede Gümüşhane OİŞ sınırları içerisinde Meletli Mahallesi civarında olduğu gibi değişik yaşlı olarak işletilen saf ormanlar bulunsada, yayılışlarının sınırlı olması ve verim gücünün düşük olması ve buna bağlı olarak belirli çap kademesi üzerinde ağaç bulunmaması

nedeniyle, diğ er ç alışma alanının Batı Karadeniz Bölgesi'nden seç ilmesi kararlaştırılmıştır. Bununla birlikte, planlama birimleri dahilindeki ormanların parç alı bir yapı göstermesi, büyük oranda tarım alanları ve boşluklu kapalı ormanlar iç ermesi nedeniyle, araştırma alanı olarak orman işletme şefliği sınırları yerine, iç lerinden seç ilen yeteri büyüklükteki alanlar temel alınmıştır.

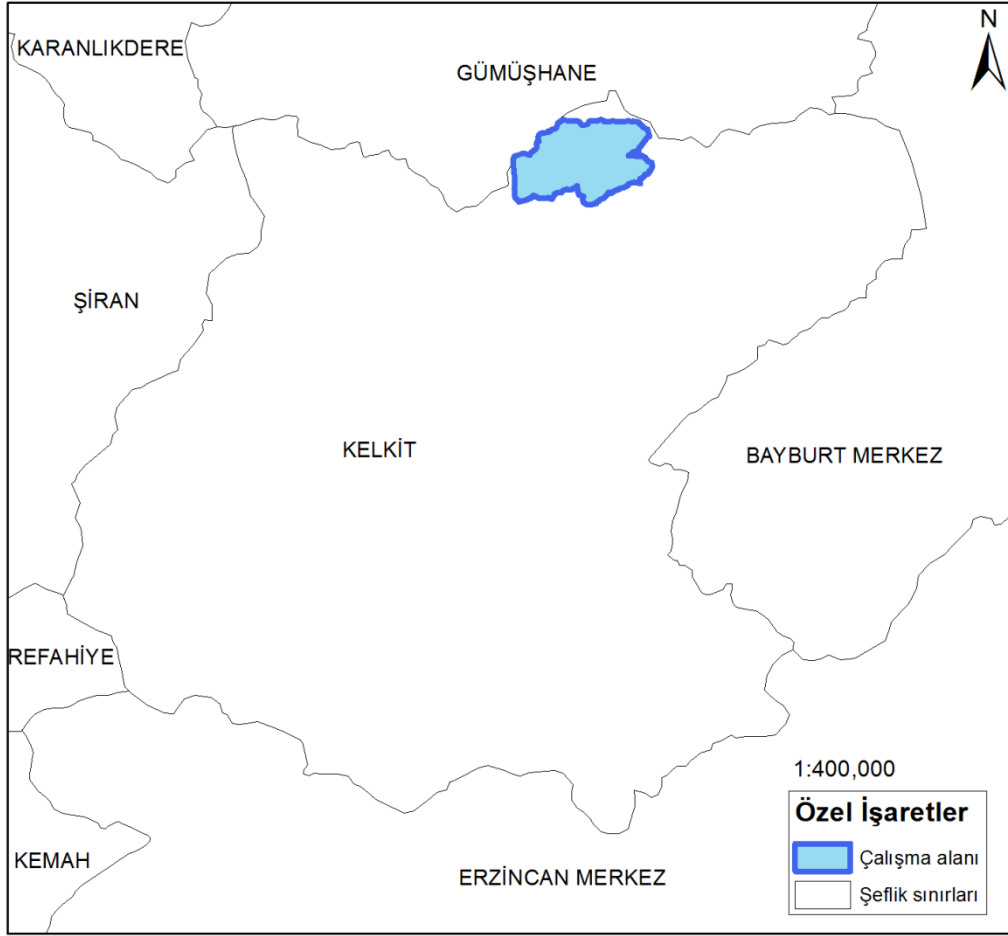
Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Kelkit Orman İşletme şefliği, idari olarak Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Gümüşhane Orman İşletme Müdürlüğü sınırları iç erisinde yer almaktadır. Gümüşhane İli'nin Kelkit ve Köse İlçelerini kapsayan, planlama birimi alanı mutedil bir arazi yapısına sahiptir. İklim itibari ile Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu arasında bir iklim geç idi bulunmaktadır. Her iki bölgenin iklim özelliğini taşıyan yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk, ilkbahar ve sonbahar ayları oldukça yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 460 mm²/yıl'dır. Kelkit'te alç ak kesimlerde kavak, ardıç ve meşe ağ açları, yüksek kesimlerde sarıçam, titrek kavak gibi ağ aç türleri görölmektedir.

Kelkit Oİş sınırları iç erisinde seç ilen ç alışma alanının yüksekliği 1800 metre ile 2300 metre arasında değişmekte, ortalama eğ imi %40 civarındadır. Ç alışma alanı UTM koordinat sistemi ED50 datumuna göre, x:544571-y:4463917, x:555658-y:4455609 koordinatları arasında ve 37. zondadır. Kelkit Oİş'nin alanı 201 776 ha olup, seç ilen ç alışma alanı büyüklüğü 5 039 ha'dır (şekil 7).

Kelkit Oİş'de yayılış gösteren türler Tablo 6'da verilmiş olup, ç alışma kapsamında ele alınan Sarıçam, alanda Meşe'den sonra önemli oranda yayılış göstermektedir.

Tablo 6. Kelkit Oİş orman alanının ağ aç türlerine dağılımı (OGM, 2013)

Ağ aç Türü	Alan (ha)	%
M	12 854.0	28.8
Çs	10 060.0	22.6
Ar	6 354.5	14.3
Kv	2 850.4	6.4
Karışık	12 468.4	28.0
Toplam	44 586.9	100.0



Şekil 7.Kelkit araştırma alanının konumsal gösterimi

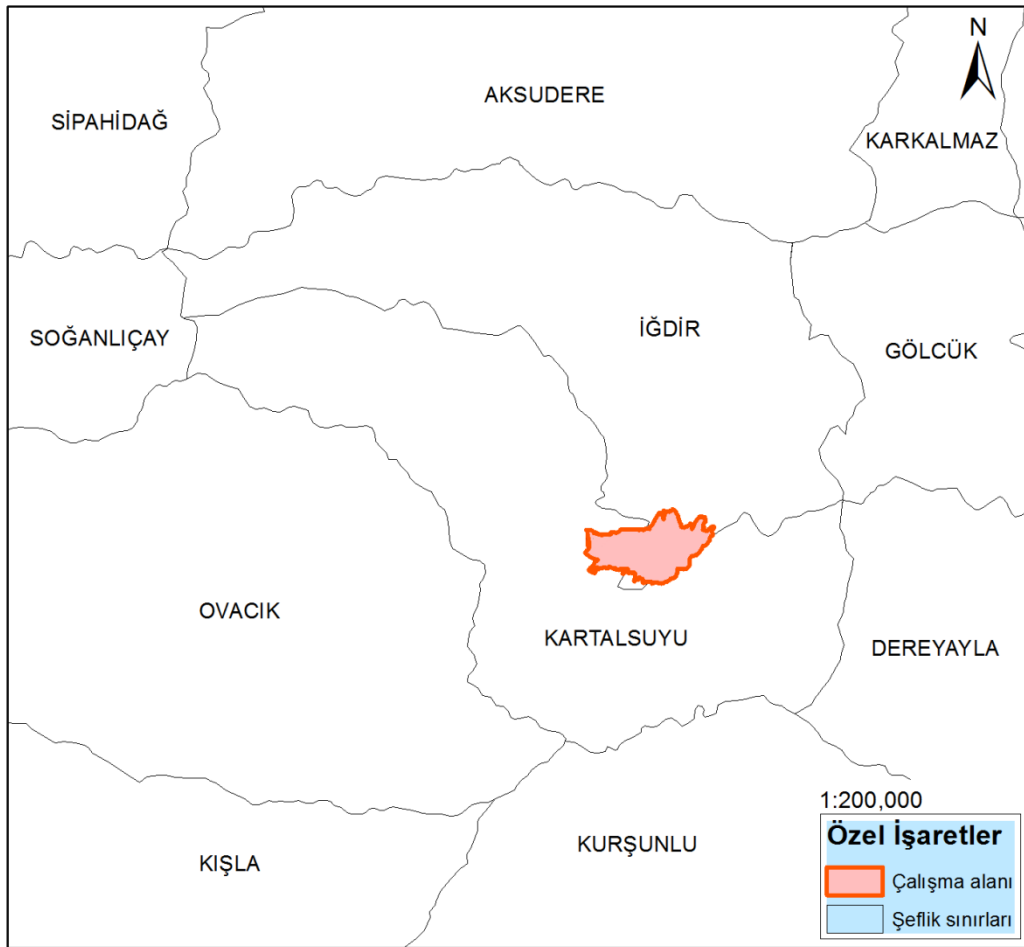
İğdir Orman İşletme Şefliği, idari olarak Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, İğdir (Samatlar) Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalmaktadır. Samatlar ilçesi, Kastamonu-Karabük arasında kurulmuş bir yerleşim birimi olup, ilçe genelde ormanlarla kaplıdır. Bu ormanlarda bulunan başlıca ağaç türleri ise meşe, göknar, sarıçam, karaçam ve Kayın'dır.

İğdir Orman İşletme Şefliği içerisinde seçilen araştırma alanının yüksekliği ise 1600 metre ile 1700 metre arasında ve ortalama eğimi %20 civarındadır. Çalışma alanı UTM koordinat sistemi ED50 datumuna göre x:508786-y:4553612, x:512668-y:4551334 koordinatları arasında ve 36. zondadır. Çalışma alanı büyüklüğü 675 ha'dır (Şekil 8).

İğdir OİŞ'de yayılış gösteren türler Tablo 7'de göstermektedir.

Tablo 7. İğdir OİŞ orman alanının ağaç türlerine dağılımı (OGM, 2014)

Ağaç Türü	Alan (ha)	%
Çk	4 436.1	44.2
G	1 219.7	12.2
M	474.4	4.7
Çz	328.4	3.3
Kn	116	1.2
Ar	50.7	0.5
Çs	12.5	0.1
Karışık	3 391.4	33.8
Toplam	10 029.2	100.0



Şekil 8. İğdir araştırma alanının konumsal gösterimi

2.1.2. Çalışmada Kullanılan Veri Kaynakları ve Yazılımlar

2.1.3. Topoğrafik Haritalar ve Amenajman Planı Meşcere Haritaları

Çalışmada örnekleme alanlarının yerlerinin belirlenmesinde ve farklı uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesinde 1/25000 ölçekli 6 adet (KASTAMONU-F30d1,

F30d2, F30d3, F30d4 ve TRABZON-H43a3, H43a4) standart topoğrafik harita kullanılmıştır. Kelkit OİŞ'ne ait 2012 yılında ve İğdir OİŞ'ne ait 2013 yılında üretilen orman amenajman planı sayısal meşcere haritaları ile örnekleme alanları nokta katmanı araştırmanın çeşitli aşamalarında kullanılan diğer altlıklardır. Çalışmada ayrıca yukarıda verilen standart topoğrafik haritalara ilişkin sayısal eşyükselti eğrileri araştırma alanlarına ilişkin sayısal arazi modelinin üretilmesinde ve Landsat 8'in atmosferik düzeltilmesinde kullanılmıştır.

2.1.4. Uydu Görüntüleri ve Dijital Hava Fotoğrafı

Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak 4 adet uydu görüntüsü ve 1 adet yüksek çözünürlüklü kamera ile çekilmiş hava fotoğrafı kullanılmıştır. Bunlar;

- ❖ 2013 tarihli Göktürk-2
- ❖ 2013 tarihli Landsat 8
- ❖ 2013 tarihli Rasat
- ❖ 2011 tarihli WorldView-2
- ❖ 2013 tarihli yüksek çözünürlüklü kamera ile çekilmiş dijital hava fotoğraflarıdır.

2.1.5. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

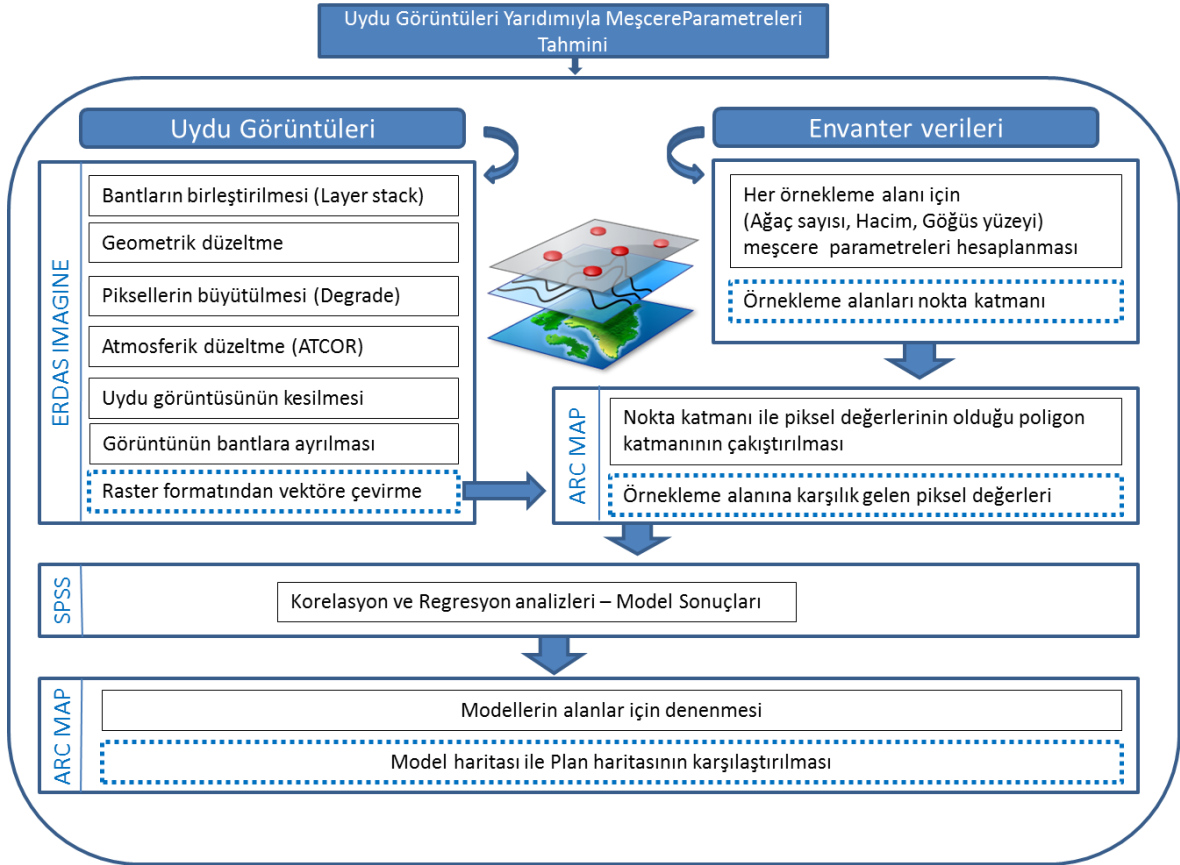
Çalışmada uydu görüntülerine ilişkin bantların birleştirilmesi, görüntülerin kesilmesi, geometrik düzeltmenin yapılması gibi aşamalarda Erdas Imagine 2014, haritaların üretiminde Arc Map 10.1, uydu görüntülerinden elde edilen verilerin meşcere parametreleri ile ilişkiye getirilmesinde ise Ibm Spss Statistic 20 programları kullanılmıştır.

2.2. Yaklaşım Tarzı

Uzaktan algılama verileri, henüz doğrudan meşcere hacmi, bitkisel kütle gibi parametrelerin ölçümünde kullanılamamaktadır. Uydu platformlarındaki algılayıcılar ormandaki ağaçların tepe taçlarının oluşturduğu yansıma değerleri ya da lazer ölçümlerden elde edilen ağaç boyu gibi farklı parametrelere ilişkin ölçümleri yapabilmektedir. Optik algılayıcı sistemleri orman örtüsünün en üstteki katmanlarından elde edilen spektral yansımaları yakalamaktadır. Bu nedenle ölçülebilen değerler ile orman varlığına ait

özellikler arasındaki istatistiksel ilişkilerden yararlanılmaktadır. Bitkisel kütle ile görünen bantlar (visible bands) arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Orta kızılötesi (middle infrared) bantlar ve meşcere hacmi arasında güçlü bir negatif korelasyon mevcuttur. (İnan, 2004). Meşcere hacminin değişimine en duyarlı bölge ise orta kızılötesi bölge olmakta ve bu bölgedeki yansıma değerleri doğrudan meşcere kapalılığının artışından etkilenmektedir. Bu değişimlerin nedeni, optimum orman koşullarında bitkisel kütle ve hacim artışının aynı zamanda meşcere kapalılığının artmasına neden olması ve bunun meşcerede tepe tacından oluşan gölgelik alanları arttırması sonucunda diri örtü ve topraktan gelen yansımaların azalmasıdır. Meşcere kapalılığının oluşturduğu gölgeleme meşcere hacmindeki değişimlerin bütün bantlarla olan ilişkisinde önemli bir rol oynamaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada uydu görüntüleri ve dijital hava fotoğraflarına ilişkin bantlardan elde edilen piksel değerleri ile, seçilen üç farklı meşcere parametresi arasındaki ilişkiler regresyon modeli geliştirilerek araştırılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarında meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde kolay kullanımı ve yorumlanması nedeniyle doğrusal regresyon oldukça yaygın biçimde kullanılmaktadır (Zheng vd., 2004). Çalışmada, yersel ölçümler sonucu hesaplanan meşcere parametreleri temel alındığı için, her iki araştırma alanında toplamda 193 adet örnekleme alanı alınmıştır. Her bir örnekleme alanında yapılan ölçümler sonucunda hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi olmak üzere 3 farklı meşcere parametresi hesaplanmıştır. Çalışmada izlenen iş akışı Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Araştırmada izlenen iş akışı

2.2.1. Örnekleme Alanında Yapılan Ölçümler

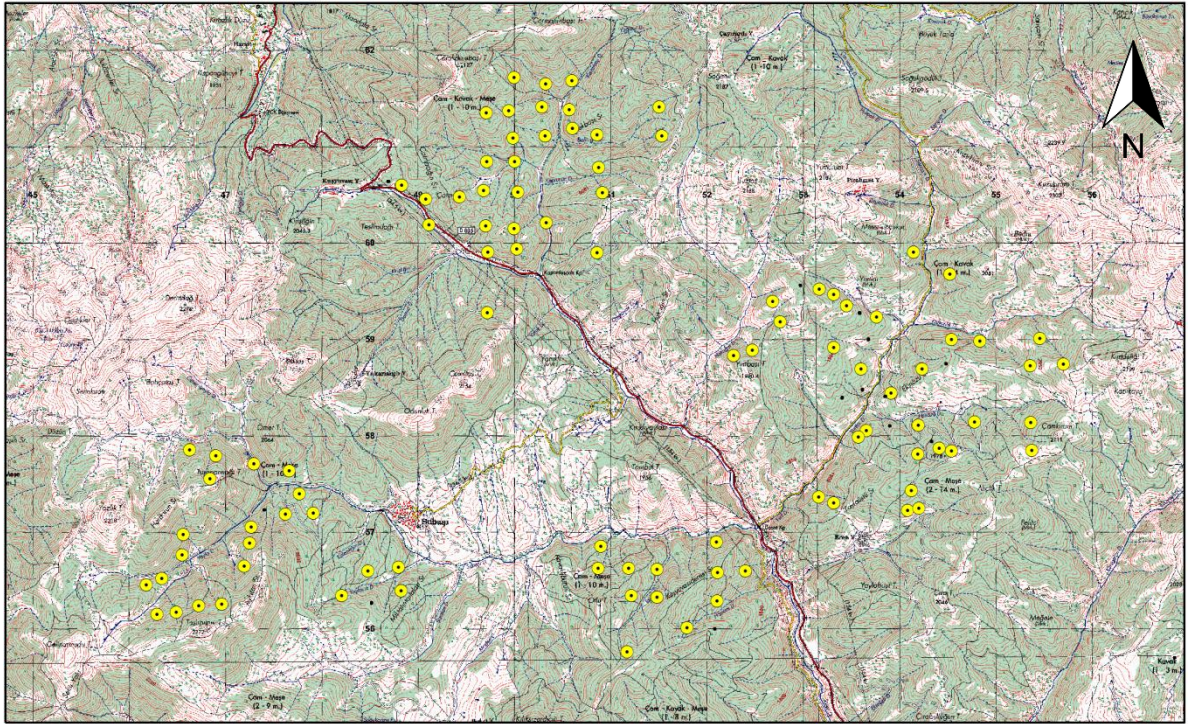
Çalışma kapsamında ağaç türü karışımının olumsuz etkisini en alt düzeyde tutabilmek amacıyla araştırma alanlarında yayılış gösteren asli ağaç türleri olan saf Sarıçam ve saf Gökmar meşcereleri içerisinde örnek alanlar alınmış olup, karışık meşcereler bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

Kelkit OİŞ'nde yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri ile seçilen araştırma alanı içinden alınan örnek alan sayıları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Kelkit OİŞ saf Sarıçam meşcere gelişim çağlarının kapalılığa göre alansal dağılımları ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları (OGM, 2013)

Gelişim Çağı	Alan (ha)				Toplam	Örnek. Alanı		
	Bozuk (0-10)	1 (%10-40)	2 (%40-70)	3 (<%70)		%	Sayısı	%
Çsa		162.9		61.7	224.6	2.2	-	-
Çsab			43.0		43.0	0.4	-	-
Çsb				87.2	87.2	0.9	-	-
Çsbc		1 234.9	1 823.1	2 297.4	5 355.4	53.2	57	58
Çsc		199.3	312.1	262.7	774.1	7.7	16	16
Çscd		174.8	447.1	67.4	689.3	6.9	25	26
BÇs	2 886.0				2 886.0	28.7	-	-
Toplam	2 886.0	1 771.9	2 625.3	2 776.4	10 059.6	100.0	98	100

Kelkit araştırma alanında, 28 adet Çsbc2, 29 adet Çsbc3, 11 adet Çsc2, 5 adet Çsc3, 22 adet Çscd2 ve 3 adet Çscd3 olmak üzere toplamda 98 adet örnekleme alanı seçilmiştir. Araştırma kapsamında ele alınan tür olan Sarıçam dikkate alındığında, Kelkit OİŞ’ni temsil edebilecek düzeyde meşcere tiplerini içeren araştırma alanında, örnekleme alanları 300 x 300 m aralıklı sistematik olarak atılmış ve örnekleme alanı büyüklükleri kapalılığa bağlı olarak 400 m² ve 600 m² alınmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Kelkit araştırma alanı örnekleme alanlarının konumsal dağılımı (Ölçek:1/75000)

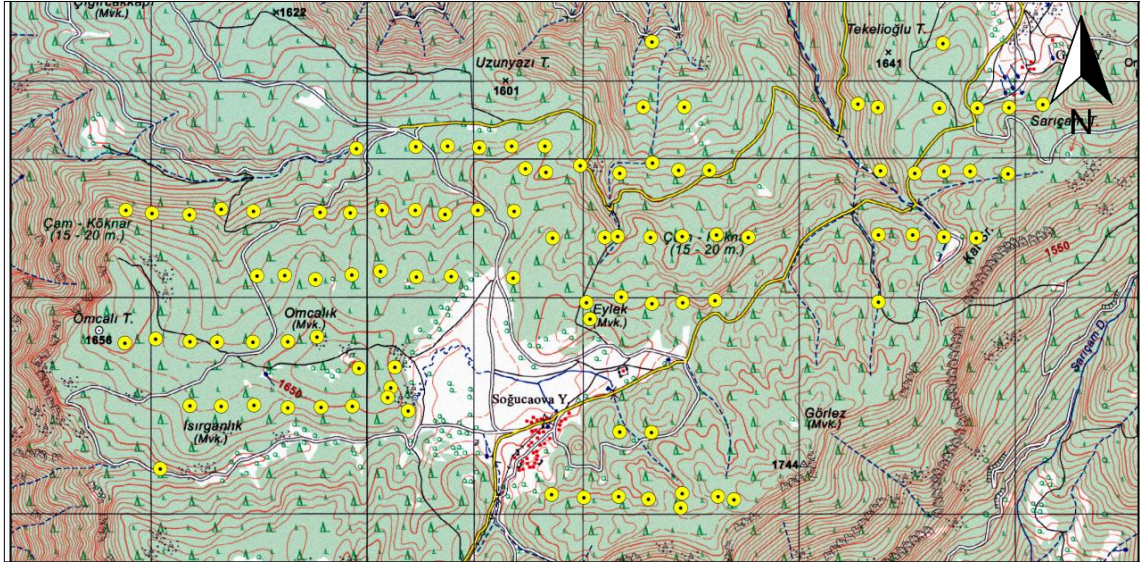
Kelkit araştırma alanı örnekleme alanları, 2012 yılında Kelkit Orman İşletme Şefliği amenajman planı yenileme çalışmaları amacıyla arazi çalışmalarında bulunan, aralarında mühendis olarak çalışan Bayram ÇİL'in de bulunduğu 20 Nolu Orman Amenajman Başmühendisliği tarafından alınmıştır. Araştırmada 98 örnekleme alanında farklı mühendislerin ölçümleri dikkate alınmıştır.

İğdir OİŞ'nde yayılış gösteren Gökmar meşcereleri ile seçilen araştırma alanı içinden alınan örnek alan sayıları Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. İğdir OİŞ değişik yaşlı Gökmar meşcere tiplerinin alansal dağılımı ve seçilen araştırma alanından alınan örnek alan sayıları

Meşcere Tipi	Alan (ha)	%	ÖA Sayısı	%
GA	669.4	54.9	28	29
GB	-	-	-	-
GC	38.3	3.1	-	-
GD	512.0	42.0	67	71
Toplam	1219.7	100	95	100

Farklı çağda ve yaşta fertlere sahip değişik yaşlı olarak işletilen Gökmar ormanlarında ise, örnek alan büyüklükleri 600 m² olarak belirlenen toplam 95 noktada ölçüm gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. İğdir araştırma alanı örnekleme alanlarının konumsal dağılımı (Ölçek: 1/40000)

İğdir araştırma alanı örnekleme alanları, 2013 yılında İğdir ve Kartalsuyu Orman İşletme Şefliği amenajman planları yenileme çalışmaları amacıyla arazi çalışmalarında

bulunan, aralarında mühendis olarak çalışan Bayram ÇİL'in de bulunduğu 20 Nolu Orman Amenajman Başmühendisliği tarafından alınmıştır.



Şekil 12. İğdir araştırma alanında örnekleme alanı alımı

Her örnekleme alanında 8 cm ve 8 cm'den büyük bütün ağaçların çapı ölçülmüş, ağaç türü belirlenerek envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 12).

2.2.2. Meşcere Parametrelerinin Hesaplanması

Çalışma kapsamında her örnekleme alanı için hacim, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi parametreleri hesaplanmıştır. Meşcere parametrelerinin hesabı için aşağıda verilen formüllerden yararlanılmıştır.

$$\text{Ağaç Sayısı} = \text{as} * 10000 / \text{ÖAB} \quad (\text{E 1})$$

$$\text{Ağaç Sayısı} = \text{adet/ha}$$

$$\text{as} = \text{Örnekleme alanındaki ağaç sayısı (adet)}$$

$$\text{ÖAB} = \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)}$$

$$\text{Göğüs Yüzeyi} = \pi / 4 * \sum d_{1.30}^2 * 10000 / \text{ÖAB} \quad (\text{E 2})$$

$$\text{Göğüs Yüzeyi} = \text{m}^2/\text{ha}$$

$$d = \text{Çap (m)}$$

$$\text{ÖAB} = \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)}$$

$$\text{Hacim} = \Sigma V * 10000 / \ddot{O}AB \quad (\text{E } 3)$$

$$\text{Hacim} = m^3 / \text{ha}$$

V=Örnekleme alanındaki her ağaç için tek girişli hacim tablosundan elde edilen kabuklu gövde hacmi (m³)

$$\ddot{O}AB = \text{Örnekleme alanı büyüklüğü (m}^2\text{)}$$

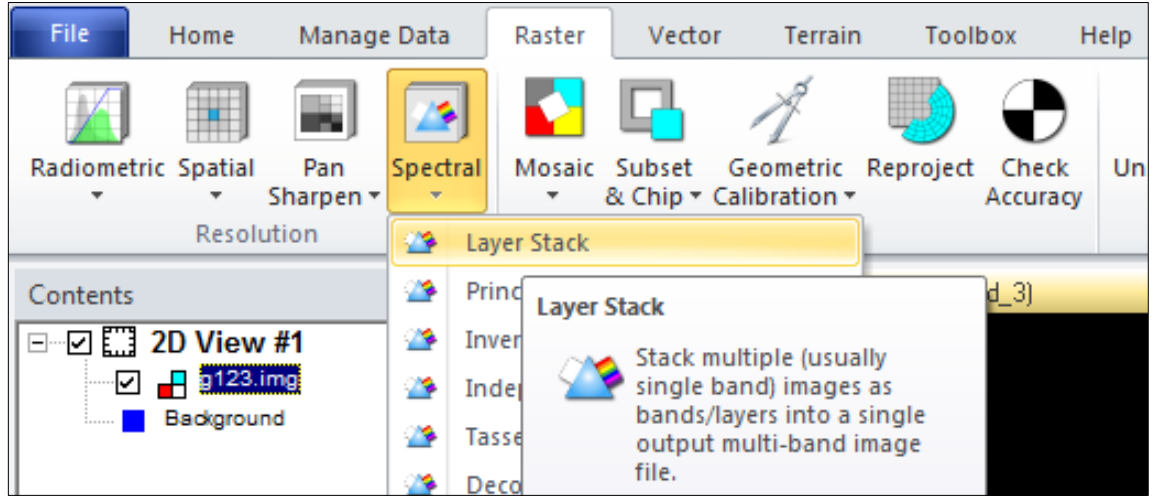
Meşcere hacimlerinin hesaplanmasında her iki araştırma alanı için önceden orman amenajman planı hazırlanması sürecinde düzenlenmiş olan ve aşağıda verilen tek girişli ağaç hacim tablosundan yararlanılmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Araştırma alanlarında meşcere hacminin belirlenmesinde kullanılacak olan tek girişli ağaç hacim tabloları (OGM, 2013, 2014)

Sarıçam (Kelkit/Gümüşhane)				Göknar (İğdir/Kastamonu)			
Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)	Çap Kademeleri (cm)	Hacim (m ³)
8 - 11.9	0.044	48 - 51.9	1.402	8 - 11.9	0.040	48 - 51.9	2.466
12 - 15.9	0.095	52 - 55.9	1.646	12 - 15.9	0.082	52 - 55.9	2.940
16 - 19.9	0.160	56 - 59.9	1.909	16 - 19.9	0.160	56 - 59.9	3.470
20 - 23.9	0.245	60 - 63.9	2.188	20 - 23.9	0.290	60 - 63.9	4.020
24 - 27.9	0.352	64 - 67.9	2.482	24 - 27.9	0.462	64 - 67.9	4.640
28 - 31.9	0.479	68 - 71.9	2.802	28 - 31.9	0.690	68 - 71.9	5.230
32 - 35.9	0.624	72 - 75.9	3.137	32 - 35.9	0.955	72 - 75.9	5.870
36 - 39.9	0.788	76 - 79.9	3.479	36 - 39.9	1.275	76 - 79.9	6.530
40 - 43.9	0.969	80 - 83.9	3.831	40 - 43.9	1.640		
44 - 47.9	1.176	84 - 87.9	4.201	44 - 47.9	2.035		

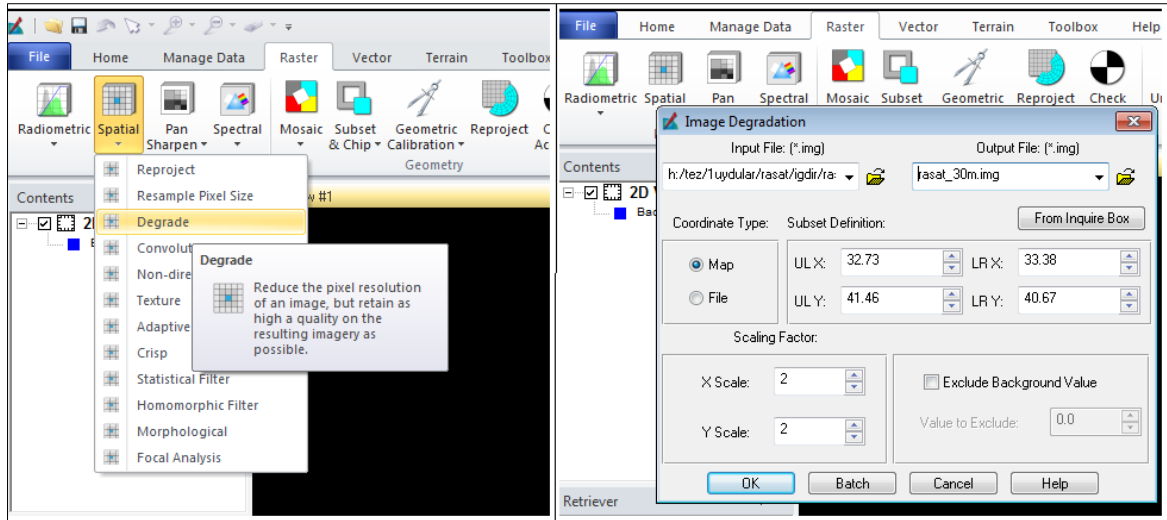
2.2.3. Uydu Görüntülerinin Analizi

Temin edilen uydu görüntüleri ile dijital kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarına ilişkin farklı bantlar, Erdas İmagine 2014 yazılımı yardımıyla TIFF formatından Image formatına çevrilmiş ve “*Layer Stack*” komutu ile birleştirilmiştir (Şekil 13).



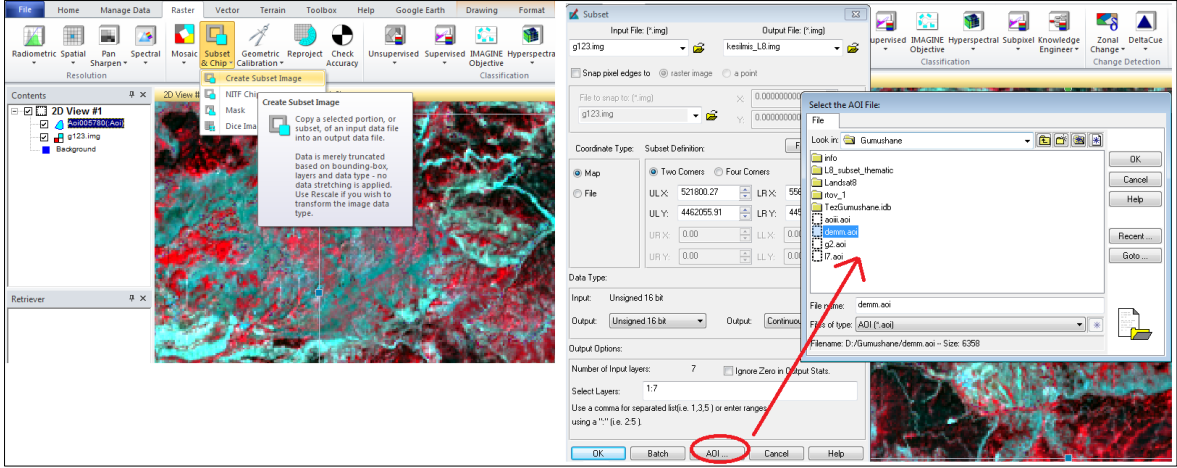
Şekil 13. Erdas Imagine 2014 programında bantların birleştirilmesi

Gerçekleştirilen çalışmada farklı çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılacağı ve alınan örnekleme alanlarının büyüklükleri kapalılığa bağlı olarak 400 m^2 ile 800 m^2 arasında değişeceği için (İğdir’de değişik yaşlı ormanlarda standart 600 m^2), öncelikle çözünürlüğü yüksek olan Göktürk-2 gibi uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının çözünürlüğü örnekleme alanı büyüklüğüne küçültülmüştür. Bunun için Erdas Imagine görüntü işleme programının “*Degrade*” komutundan yararlanılmıştır (Şekil 14). Çözünürlüğü düşük olan Landsat 8 veya Rasat gibi uydular için bu tür bir işlem yapılmamıştır.



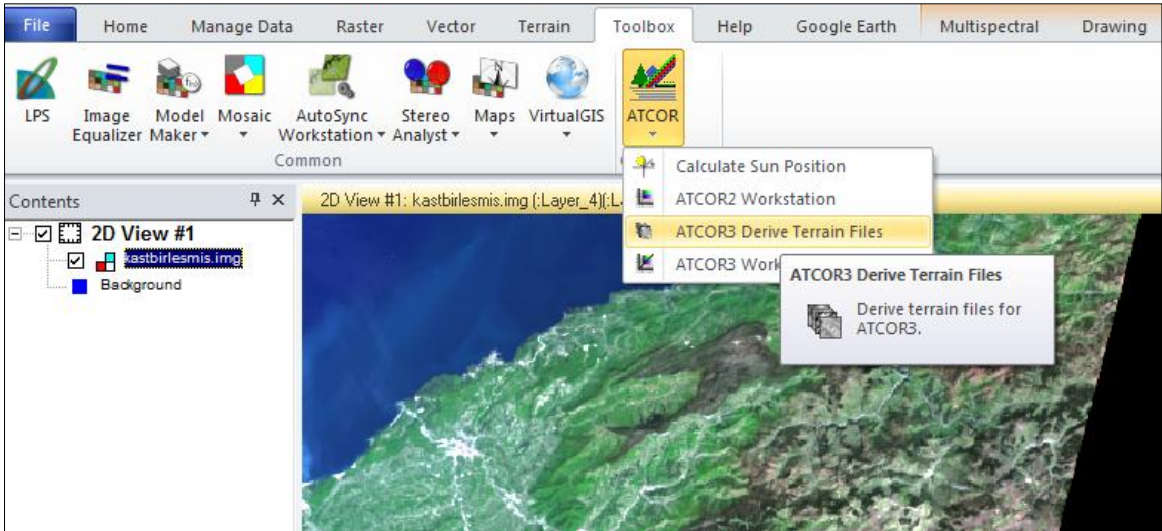
Şekil 14. Degrade komutu ile çözünürlüğün düşürülmesi

Uydu görüntüleri ve dijital kamera ile çekilen hava fotoğraflarının daha iyi yorumlanabilmesi ve geliştirilecek modellerin başarı düzeylerinin artırılabilmesi için



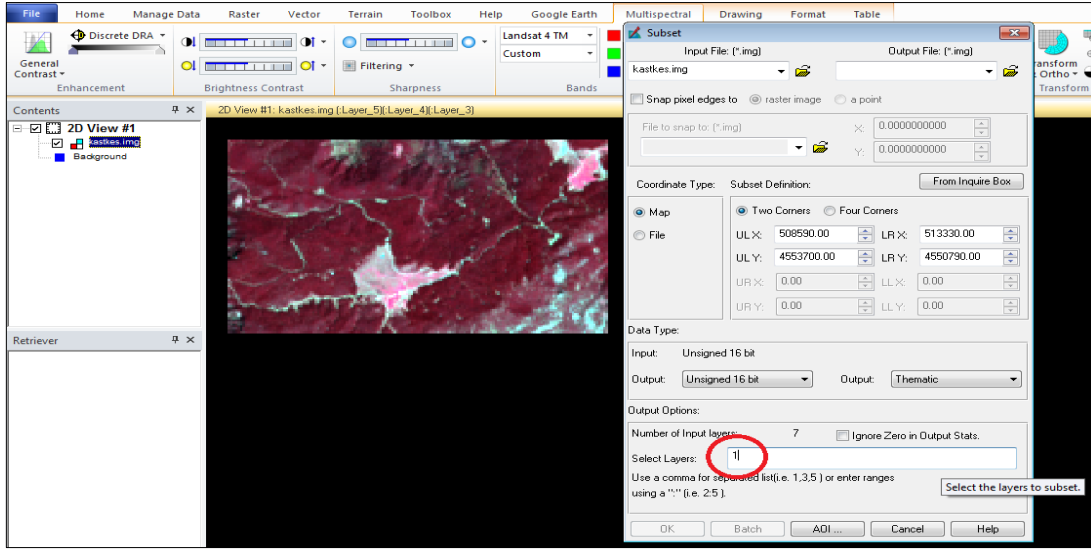
Şekil 16. WorldView-2 görüntünün kesilmesi

Atmosferik olumsuzlukların giderilmesi için ise Erdas Imagine programının eklentisi olan ATCOR programından yararlanılmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Erdas Imagine 2014 programı yardımıyla atmosferik düzeltmenin gerçekleştirilmesi

Atmosferik düzeltme aşamasından sonra her bandın piksel değerlerini bulmak için birleşmiş olan bantlar tek tek ayrılarak Erdas Imagine 2014 programında raster formatından vektör formatına çevrilmiştir (Şekil 18). Daha sonra ise, her piksele ilişkin farklı bant değerlerini tek bir veri tabanında toplamak için Arc Map 10.1 programı “*intersect*” komutu seçilmiştir.



Şekil 18. Landsat-8 uydu görüntüsünde bantların ayrılması

2.2.4. Meşcere Parametrelerinin Uydu Görüntüleriyle İlişkilendirilmesi

Araştırmanın amacı, meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki en iyi ilişkiyi belirleyebilmektir. Meşcere kapalılığının tam ve ağaç sayısının fazla olduğu durumlarda optik uzaktan algılama sistemleri sadece meşcere tepe çatısından gelen yansımalara ait bilgileri yakalamaktadır. Meşcere kapalılığının yer yüzeyini tam olarak kaplayamadığı durumlarda ise uydu sistemleri meşcere tepe çatısına ait yansıma değerlerine ek olarak toprak ve diri örtüden gelen yansımaları da kaydetmektedir. Farklı meşcere yapıları, çeşitli dalga boylarında farklı spektral yansıma değerlerine sahiptir. Dolayısıyla meşcere parametreleri ve uzaktan algılama verileri arasındaki ilişki de farklılık göstermektedir.

Meşcere parametrelerini tahmin eden modellerin geliştirilmesinde, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafının her bandı ve pikseli için elde edilen piksel değerleri yanında, farklı indekslerden de yararlanılmıştır. Bilindiği gibi uydu görüntülerinde, her piksele atanacak sayıyı, alıcının hassas olduğu elektromanyetik enerjinin, o piksele karşılık gelen yeryüzü parçasındaki nesnelere tarafından yansıtılma oranı belirlemektedir. Piksellere ait sayıların yalnız başlarına, bitkilerin yapısal özellikleri ile ilişkilendirilmesinin yetersiz olduğu durumlar için, araştırmacılar yardımcı indeksler geliştirmişlerdir. Bunların biri, yaprak yoğunluğu fazla olan alanların, klorofilin yakın kızılötesi enerjiyi yansıtma ve kırmızı ışığı soğurma özellikleri sayesinde nispeten az yaprak barındıran alanlardan ayrılmasını sağlayan “normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi” (NDVI) gelmektedir (Kandemir,

2010). Bitkiler, yapraklarında bulunan klorofil maddesini ve gün ışığını inorganik maddeden organik madde üretmek için kullanmakta ve bu fotosentez işlemi sırasında Güneş'ten gelen elektromanyetik enerjinin 0.63 μm – 0.69 μm dalga boyunda olan ve kırmızı ışığa karşılık gelen kısmı kullanılmaktadır. Bu yüzden, kırmızı ışığın yansımaları ölçen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda düşük sayısal değerlere sahip olmaktadır. Öte yandan bitkiler 0.7 μm ve daha yüksek dalga boyuna sahip elektromanyetik enerjiyi bünyelerine almamakta ve geri yansıtmaktadır. Dolayısıyla, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar, yakın kızılötesi elektromanyetik enerjinin yansımaları ölçen bir uydu görüntüsünde yüksek sayısal değerlere sahip olmaktadır. İngilizce “normalized difference vegetation index” ismi verilen ve bu ismin baş harfleri ile NDVI olarak anılan normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilmektedir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin, üretilen NDVI görüntüsünde yüksek sayısal değerlere, bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin ise aynı görüntüde düşük sayısal değerlere sahip olması beklenmektedir. Bahsedilen indeksler genellikle “4 sınıf” altında değerlendirilmektedir (İnan, 2004):

- Basit bant oranları: ETM4/3, ETM5/3, ETM5/7 ve ETM5/4.
- Normalizasyon oranları: NDVI (Normalize Difference Vegetation Indices), GNDVI (Green Normalize Difference Vegetation Indices), ND53, ND54, ND57, ND32
- Doğrusal bant kombinasyonları: Albedo, MID57, VIS123, Vind, PCA (Principle Component Analysis) ve TK (Tasseled Cap)
- Kompleks vejetasyon indeksleri: ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), ASVI (Atmospheric and Soil Vegetation Index), GEMI (Global Environment Monitoring Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index).

Çalışmada kullanılan basit bant oranları; BANT3/4, BANT3/6, BANT3/7, BANT4/3, BANT4/6, BANT6/7, BANT7/6, BANT7/3, BANT7/4, BANT6/3, BANT2/BANT(1+2+3+4+5+6+7), BANT6*BANT7 şeklinde test edilmiş kullanılan vejetasyon indeksleri ise aşağıda verilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri

Vejetasyon İndeksi	Formül
ARVI	$(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue}) / (\text{NIR}+2\text{Red}-\text{Blue})$ - Kaufman ve Tanre (1992)
SAVI	$(\text{NIR}-\text{RED}) / (\text{NIR}+\text{RED}+\text{L})(1+\text{L})$, $\text{L}=0.5$ - Huete (1988)
NDVI	$\text{NIR}-\text{RED} / \text{NIR}+\text{RED}$ - Krieger vd. (1969)
ND53	$\text{BANT5} - \text{BANT3} / \text{BANT5} + \text{BANT3}$
ND54	$\text{BANT5} - \text{BANT4} / \text{BANT5} + \text{BANT4}$
ND43	$\text{BANT4} - \text{BANT3} / \text{BANT4} + \text{BANT3}$
ND64	$\text{BANT6} - \text{BANT4} / \text{BANT6} + \text{BANT4}$
ND65	$\text{BANT6} - \text{BANT5} / \text{BANT6} + \text{BANT5}$
Albedo	$\text{BANT1}+\text{BANT2}+\text{BANT3}+\text{BANT4}+\text{BANT5}+\text{BANT7}$
BANT4/3(IR/R)	$\text{BANT4}/\text{BANT3}$
BANT5/3	$\text{BANT5}/\text{BANT3}$
BANT5/4	$\text{BANT5}/\text{BANT4}$
BANT5/7	$\text{BANT5}/\text{BANT7}$

Gerçekleştirilen çalışmada, öncelikle uydu bantlarına ilişkin yansıma değerleri ve buna bağlı olarak hesaplanan indeksler ile meşcere parametreleri arasındaki ilişki olup olmadığı ve verilerin normal dağılıp dağılmadığı ortaya konmuştur. Veri seti 30'dan büyük olduğu için her bir faktörün normal dağılıma sahip olup olmadığı ve verilerin homojen dağılıp dağılmadığı incelenmiştir. Normal dağılım testi uygulanarak parametrelerin normal dağılıp dağılmadığı ortaya konup, normal dağılımı bozan ekstrem örnekleme alanları çıkartılmıştır.

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki ya da daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini gösteren katsayıya korelasyon katsayısı denmektedir. Korelasyon analizi sonucunda, doğrusal ilişki olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısı "r" ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Pozitif bir ilişkinin olması X değişkeninin değerlerinin artması durumunda Y değişkeninin değerlerinin de artması, negatif korelasyon (negatif ilişki) olması değişkenlerin birine ait değerlerin artması durumunda diğer değişkene ait değerlerin düşmesi anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısının "0" olması değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin söz konusu olmadığını göstermektedir. Eğer; $r = -1$ ise Tam negatif doğrusal bir ilişki var, $r = +1$ ise, Tam pozitif doğrusal bir ilişki var, $r = 0$ ise, iki değişken arasında ilişki yoktur. Pearson Korelasyon Katsayısının yorumu; $r: 0.00-0.25$ arası ise Çok Zayıf, $r: 0.26-0.49$ arası ise Zayıf, $r: 0.50-0.69$ arası ise orta, $r: 0.70-0.89$ ise yüksek ve $r: 0.90-1,00$ arasında ise ilişki çok yüksek anlamına gelmektedir (URL-12, 2014).

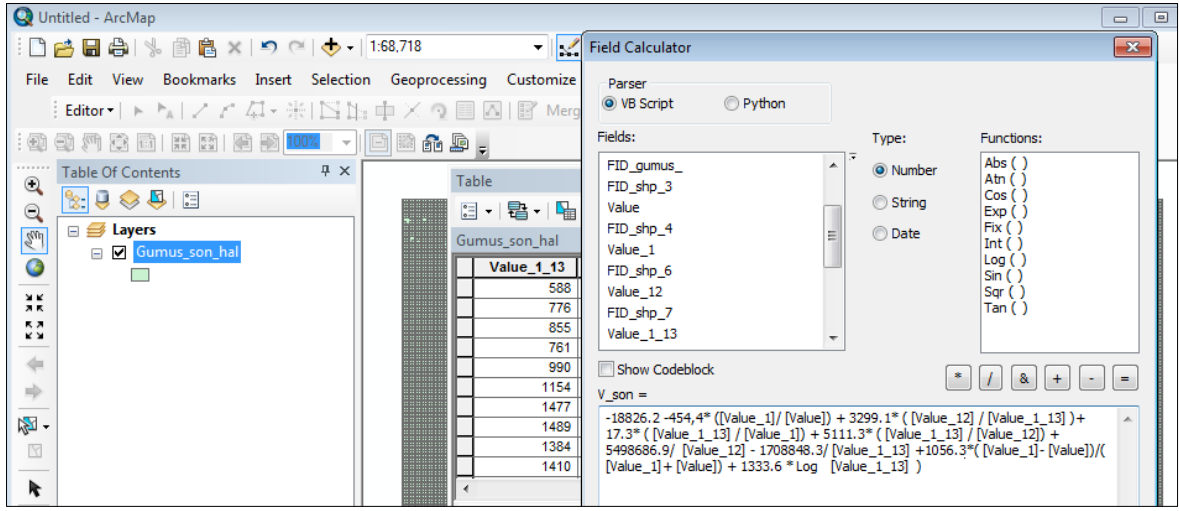
Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini belirleyen denkleme ise regresyon denklemi denir. Yapılan çalışmada çoklu regresyon modeli kullanılmış ve model oluşturulurken değişken eleme (backward) yöntemi kullanılmıştır.

Her uydu görüntüsünün farklı bantlarına ilişkin piksel değerleri, piksel değerlerinin birbirleriyle oranları ve vejetasyon indeksleri ile meşcere parametreleri arasında, yukarıda ayrıntılı olarak ele alındığı gibi önce korelasyon, sonra ise çoklu regresyon analizi yapılarak modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere parametrelerinin yüzde kaçını tahmin ettiği hesaplanmıştır. Bu analizde ilişkili çıkan değişkenlerle çoklu regresyon analizi yapılarak ve modeller elde edilmiş, bu modellerin meşcere parametrelerinin yüzde kaçını tahmin ettiği hesaplanmıştır. Bunun için, hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı meşcere parametreleri bağımlı değişken, bantlara ilişkin yansıma değerleri ile buna bağlı olarak hesaplanan vejetasyon indeksleri ise bağımsız değişken olarak kullanılarak, meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiyi kuran çoklu regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon modelleri her iki araştırma alanı ve 3 farklı meşcere parametresi için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin standart hatası ve R^2 'leri hesaplanmıştır. Modellere ilişkin R^2 'lerin istenilen düzeyde olmaması nedeniyle, farklı çağ sınıfları için ayrı modeller geliştirilmiş ve denenmiştir. Kelkit araştırma alanı için bc gelişim çağı ile c ve cd gelişim çağları için ayrı modeller geliştirilmiştir. Planlama biriminde d gelişme çağında meşcere olmadığı için, bahsedilen gelişme çağındaki meşcereler modellerde yer almamıştır. İğdir araştırma alanında ise optimale kıyasla kalın çap sınıfında fazlaca sayıda olan GA meşcere tipi ve optimale kıyasla kalın ve ince çap kademesinde fazlaca olan GD meşcere tipi için ayrı ayrı modeller geliştirilmiştir. İğdir planlama biriminde optimale kıyasla ince çap sınıfında fazlaca olan GB ve orta çap sınıfında fazlaca olan GB meşceresi olmadığı için bu alanlar için modeller geliştirilememiştir.

2.2.5. Geliştirilen Modellerin İki Araştırma Alanı İçin Denenmesi

Çalışma kapsamında dikkate alınan 3 farklı meşcere parametresi (ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim) ve 3 farklı gelişim çağı (b, c ve d) için geliştirilen modeller içerisinde, hata yüzdesi en düşük ve düzeltilmiş R^2 'si en yüksek olan toplam 18 model seçilerek her iki araştırma alanı için test edilmiştir.

Vektör formatındaki piksel değerlerini içeren katman kullanılarak, Arc Map programı yardımıyla geliştirilen göğüs yüzeyi ve hacim formülleri uygulanmış ve meşcere parametrelerini içeren veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 19). Elde edilen veri tabanı kullanılarak istenilen aralıklar oluşturularak yeniden sınıflandırılmış göğüs yüzeyi ve hacme ilişkin sonuç haritaları elde edilmiştir. Haritalar elde edilirken Arc Map programının bazı Toolbox komutlarından faydalanılmıştır. Bunlar, Analysis Tools, “*Extract*” klasöründeki “*Clip*” komutu, Overlay klasöründe “*Identity*, *Intersect* ve *Update*,” Data Management, Generalization klasöründe “*Dissolve*” ve Projections and Transformations klasöründe “*Project*” komutlarıdır.



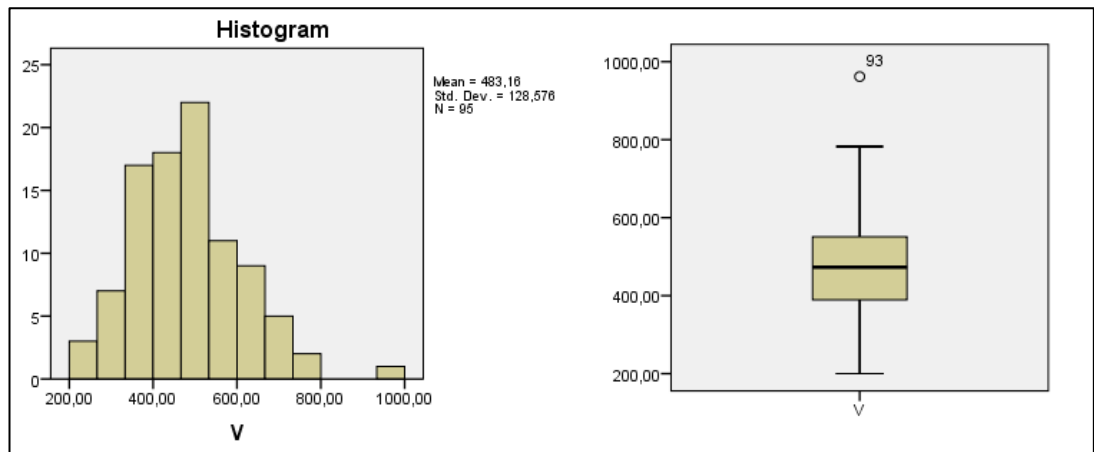
Şekil 19. Geliştirilen regresyon modellerinin ArcMap 10.1 yazılımı kullanılarak araştırma alanlarına uygulanması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

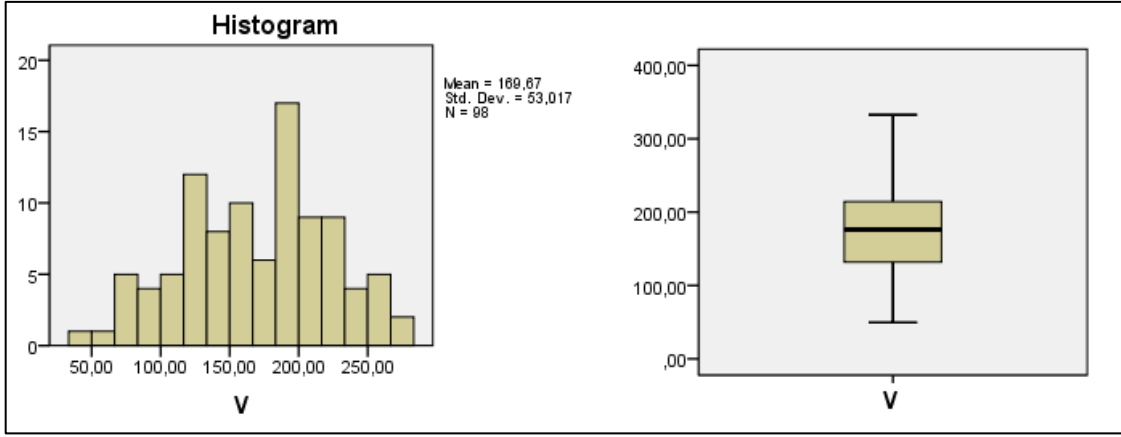
3.1. Meşcere Parametrelerine İlişkin Normal Dağılım Kontrolü ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Gerçekleştirilen çalışmada, meşcere parametrelerinin kendi aralarında ilişkili olup olmadığı, eğer ilişki var ise ilişkinin yönünü ve gücünü ortaya koyabilmek amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Ancak, korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü göstermekle beraber, bulunan katsayı değeri bu ilişkiyi tam olarak açıklamak için yeterli değildir. Elde edilen sonuç, veriler normal dağılım göstermiyorsa daha da önem kazanmaktadır (Cohen, 1988). Özetle, sadece korelasyon katsayısı değerine dayanarak, verilerin daha ayrıntılı incelenmesi yapılmadan yorumda bulunulması yetersiz olmaktadır. Çünkü, korelasyon analizinin yapılabilmesi için, her iki değişkenin de sürekli olması ve normal dağılım göstermesi gereklidir. Bu nedenle verilerin normal dağılıp dağılmadıkları test edilmiştir.

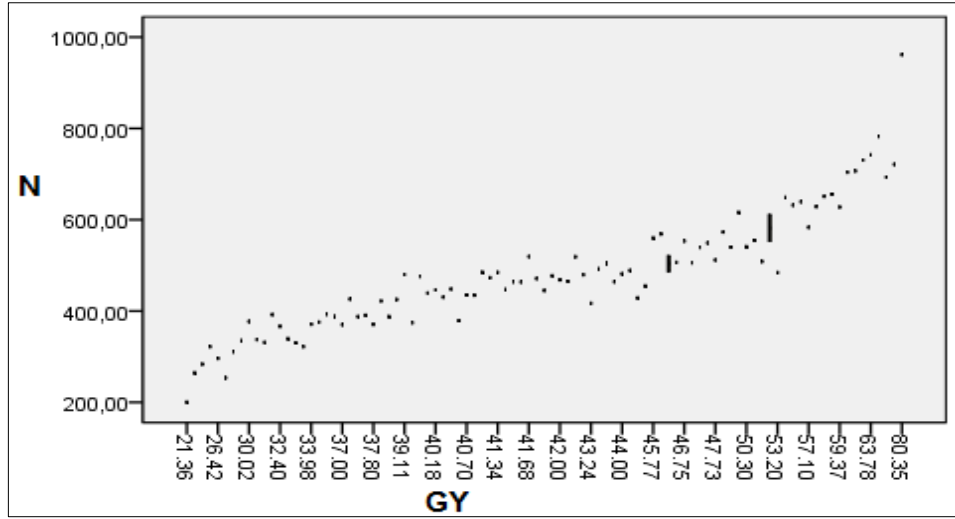
Seçilen meşcere parametrelerinin normal dağılıp dağılmadığını test etmek için normal dağılım testi uygulanmış ve sonunda ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için normalin dışında ekstrem değerlere sahip olan Kelkit araştırma alanında 6 ve İğdir araştırma alanında 4 adet örnekleme alanı elenmiştir (Şekil 20, Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23). Yapılan test sonucunda verilerin normal dağıldığı görülmüştür.



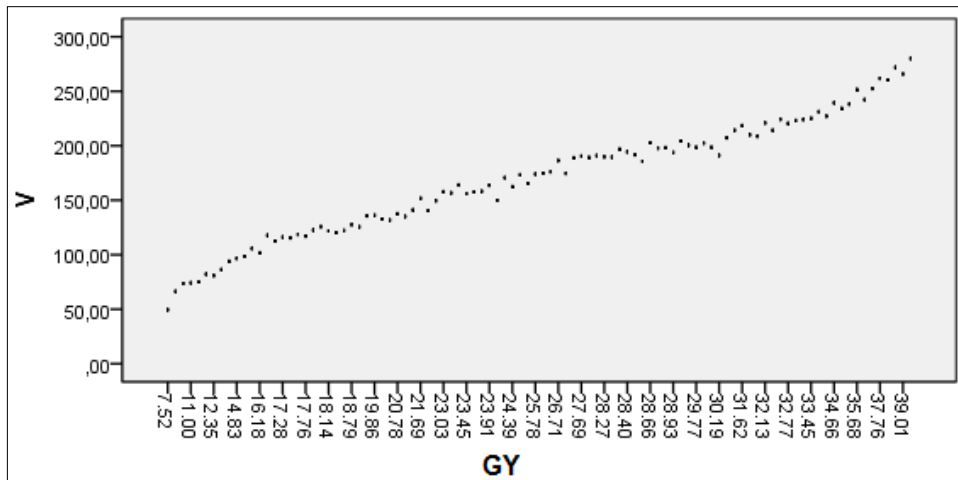
Şekil 20. İğdir araştırma alanı meşcere hacminin normal dağılım görüntüsü ve elenen örnekleme alanları



Şekil 21. Kelkit araştırma alanı meşcere hacminin normal dağılım görüntüsü ve elenen örnekleme alanları



Şekil 22. Iğdir araştırma alanı ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasındaki serpilme (saçılma) grafiği



Şekil 23. Kelkit araştırma alanı ağaç sayısı ile göğüs yüzeyi arasındaki serpilme (saçılma) grafiği

Korelasyon katsayısının hesabında ise veriler normal dağıldığı için “Pearson Korelasyon Katsayısı”, iki sürekli değişkenin doğrusal ilişkisinin derecesinin ölçümünde kullanılmaktadır. Böylece, iki değişken arasında anlamlı bir ilişki var mıdır sorusunun cevabı aranmıştır.

Kelkit araştırma alanı dikkate alındığında, üç meşcere parametresi arasında anlamlı bir ilişki olduğu, en güçlü ilişkinin ise 0.997’lik değerle hacim ve göğüs yüzeyi arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Kelkit araştırma alanı meşcere parametreleri korelasyon analizi sonuçları

	N	V	GY
N	1		
V	0.420**	1	
GY	0.453**	0.997**	1

İğdir araştırma alanı dikkate alındığında ise, göğüs yüzeyi ile diğer iki parametre arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülürken, ağaç sayısı ve hacim arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır. En güçlü ilişki 0.966’lık değerle hacim ve göğüs yüzeyi arasında tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. İğdir araştırma alanı meşcere parametreleri korelasyon analizi sonuçları

	N	V	GY
N	1		
V	0.152	1	
GY	0.378**	0.966**	1

Her bir meşcere parametresinin diğer meşcere parametresi ile olan doğrusal ilişkisinin ortaya konması yanında meşcere parametreleri ile uydu görüntülerinden elde edilen farklı bantlara ait piksel değerleri arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Buna göre, uydu görüntüleri arasında en yüksek korelasyon değerlerini Landsat 8 uydusu vermiş ve bu uyduya ait elde edilen sonuçlar Tablo 14 ve 15’de listelenmiştir.

Tablo 14. Kelkit araştırma alanı için meşcere parametreleri ile Landsat 8 uydusu bant değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları

	Bant 3	Bant 4	Bant 6	Bant 7
N	-.176	-.226*	-.210*	-.261**
V	-.508**	-.471**	-.536**	-.561**
GY	-.508**	-.472**	-.529**	-.558**

Landsat 8 uydusunun 1, 2 ve 5. bantlarında, örnek alanlara karşılık gelen piksel değerleri birbirine çok yakın çıktığı için korelasyona ve modele dahil edilmemiştir. Kelkit araştırma alanında alınan 98 adet örnekleme alanından elde edilen meşcere parametreleri ile Landsat 8 uydusu bant değerleri arasında negatif yönde bir ilişki vardır (Tablo 14). Landsat 8 uydusu bantlar arasında en yüksek ilişkinin kızılötesi bantlar olan 6. ve 7. bantta olduğu görülmektedir. Meşcere parametreleri ve bantlar arasındaki en yüksek korelasyon katsayısı ise, hacim ile 2.1 μm -2.3 μm arasında dalga boyuna sahip olan kısa dalga infrared bant (Landsat 8, 7. Bant) arasında tespit edilmiştir.

İğdir araştırma alanında en yüksek korelasyon sonuçları Landsat 8 uydusu tarafından elde edilmiştir. Bununla birlikte, meşcere parametreleri ile piksel değerleri arasındaki korelasyonlar oldukça düşük çıkmıştır. Ağaç sayısı dikkate alındığında Landsat 8 uydusu Bant 1, Bant 2 ve Bant 3 ön plana çıkmıştır. Meşcere hacminde ise Landsat 8 uydusu, Bant 6 ve Bant 7'nin diğer bantlara oranla daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Göğüs yüzeyi ile piksel değerleri arasında oldukça düşük değerler söz konusu olup, ilişki çıkmamıştır (Tablo 15).

Tablo 15. İğdir araştırma alanı için meşcere parametreleri ile Landsat 8 uydusu bant değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçları

	Bant 1	Bant 2	Bsnt 3	Bant 4	Bant 5	Bant 6	Bant 7	NDVI	ARVI	SAVI	Albedo
N	.269**	.286**	.279**	.012	.322**	.116	.106	.024	-.072	.024	.194
V	-.110	-.111	-.062	.172	.019	-.228*	-.223*	-.150	-.122	-.150	-.004
GY	-.011	-.010	.034	.167	.126	-.169	-.172	-.132	-.136	-.132	.064

Diğer uydu görüntüleri ve dijital hava fotoğrafının piksel değerleri ile meşcere parametreleri arasındaki korelasyonlar Landsat 8 uydusundan daha düşük çıktığı için sonuçlara yer verilmemiştir.

Yapılan korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki ya da daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılmıştır. Bununla birlikte, meşcere parametrelerinin uydu görüntülerinin farklı bantlarından elde edilen piksel değerleri veya bu değerler kullanılarak elde edilen indeksler yardımıyla tahmin edilip edilemeyeceğinin araştırılması gerekmektedir. Yapılan çalışma kapsamında söz konusu ilişkiler “regresyon analizi” yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Burada asıl amaç, bağımlı değişkenler olarak belirlenen

hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının, bağımsız değişkenler olarak belirlenen bantlara ilişkin piksel değerleri ve indeksler kullanılarak tahmin edilmesidir.

3.2. Kelkit Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri

Landsat 8, Rasat, Göktürk-2 ve WorldView-2 olmak üzere 4 farklı uydu görüntüsünün denendiği Kelkit araştırma alanında, 28 adet Çsbc2, 29 adet Çsbc3, 11 adet Çsc2, 5 adet Çsc3, 22 adet Çscd2 ve 3 adet Çscd3 olmak üzere toplamda 98 adet örnekleme alanı verisinden hareket edilerek çok sayıda regresyon modeli oluşturulmuştur. Elde edilen modeller içerisinde düzeltilmiş R^2 'leri en yüksek ve standart hataları en düşük olanlar seçilmiş ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 16).

Tablo 16. Kelkit araştırma alanına ilişkin tüm gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı	İstatistik Değer.	Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R^2	98	0.17	0.50	0.49
	Std. Hata		237	37.8	5.5
Rasat	Düzeltilmiş R^2	98	0.13	0.23	0.25
	Std. Hata		246	47.2	6.8
Göktürk-2	Düzeltilmiş R^2	98	0.20	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		229	-	-
WorldView-2	Düzeltilmiş R^2	98	0.10	0.29	0.26
	Std. Hata		250	40.3	7.1

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm örnekleme alanları dikkate alındığında, Landsat-8 uydu verileri kullanılarak geliştirilen modellerin hacim ve göğüs yüzeyini en yüksek oranda tahmin ettiği ve düzeltilmiş R^2 'lerinin ise, sırasıyla 0.50 ve 0.49 olduğu anlaşılmıştır. Hacim ve göğüs yüzeyi birlikte değerlendirildiğinde, Landsat-8 uydusunu sırasıyla WorldView-2, Rasat ve Göktürk-2 uyduları izlemiştir. Ağaç sayısı dikkate alındığında ise, en yüksek başarıyı 0.20 R^2 ile Göktürk-2 uydusu elde etmiş, onu sırasıyla Landsat 8, Rasat ve WorldView-2 uyduları takip etmiştir.

Kelkit araştırma alanı için tüm örnekleme alanı verileri birlikte değerlendirildiğinde, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modeller E 4, E 5 ve E 6 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = 10674.7 + 32.2*B2 - 9.2*B4 + 8732*(B1/B2) - 10988.2*(B1/B3) - 34231.7*(B2/B4) - 9203.6*(B3/B2) + 17768.1*(B3/B4) + 1379*(B4/B1) \quad (E 4)$$

Göktürk-2 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.20 düzeltilmiş R^2 ve 229 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki bc, c ve cd çağındaki 2, 3 kapalı meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %20 oranında 229 adet standart sapma ile açıklamaktadır.

$$V = -18826.2 - 454.4*(B4/B3) + 3299.1*(B6/B7) + 17.3*(B7/B4) + 5111.3*(B7/B6) + 5498686.9/B6 - 1708848.3/B7 + 1056.3*ND43 + 1333.6 * LN(B7) \quad (E 5)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.50 düzeltilmiş R^2 ve 37 m³/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki bc, c ve cd çağındaki 2, 3 kapalı meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %50 oranında 37 m³ standart sapma ile açıklamaktadır.

$$GY = -2634.1 - 71.6*(B4/B3) + 474.9*(B6/B7) + 702.2*(B7/B6) + 1415.7/B4 + 805641.7/B6 - 262893.6/B7 + 163.2*ND43 + 186.4*LN(B7) \quad (E 6)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen yukarıdaki model, 0.49 düzeltilmiş R^2 ve 5.5 m²/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki bc, c ve cd çağındaki 2, 3 kapalı meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %49 oranında 5.5 m² standart sapma ile açıklamaktadır.

Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, ağaç sayısı için elde edilen regresyon modellerinin, hacim ve göğüs yüzeyine nazaran daha az tahmin sonuçlarına ulaştığı, ancak Landsat 8 uydusunun hacim ve göğüs yüzeyinde gösterdiği başarıyı ağaç sayısında gösteremediği ve burada Göktürk-2 uydusunun ön plana çıktığı görülmüştür. Hacim ve göğüs yüzeyi bağımlı değişkenleri için en yüksek, ağaç sayısında ise ikinci en yüksek düzeltilmiş R^2 sonuçlarının elde edildiği Landsat 8 uydu verileri tarafında üretilen modellere bakıldığında, söz konusu uydunun kısa dalga boyuna sahip olan 6. ve 7. bantlarının etkili olduğu görülmektedir. Milli uydumuz Rasat'ın regresyon model sonuçlarının düşük çıkmasının nedeni olarak sadece 0.42 - 0.73 arasındaki dalga boyuna duyarlı olması, görünür bölgede 3 banda sahip olması ve kızılötesi bantlara sahip olmaması rahatlıkla söylenebilir. WorldView-2 uydu görüntüsünün düzeltilmiş R^2 sinin düşük çıkmasının ana nedeni ise, kızılötesi bant değerlerinin bağımlı değişkenleri tahmin edemeyecek kadar birbirine yakın çıkmasıdır.

Her ne kadar ağaç sayısı tahminleri kullanılamayacak kadar düşük olsa da hacim ve göğüs yüzeyi tahminleri, uzaktan algılamada uydu görüntülerinin önemini göstermekte olup tahminlerin farklı yöntemlerle geliştirilmesi ve piksel değerleri yerine yansıma değerlerinin kullanımıyla daha yüksek tahminler bulmamız yönünde umut vermektedir. Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca, verileri farklı değerlendirip modellerin tahmin başarısını artırılması noktasında arayışa gidilmiş ve farklı gelişim çağı ve kapalılığa sahip meşcereler için modeller üretilmesi durumunda başarının nasıl olacağı sorusuna cevap aranmıştır. Geliştirilen modeller sonucunda, farklı kapalılığa sahip meşcereler için geliştirilen modellerin başarısı gelişme çağına yakın olmakla birlikte bir miktar daha düşük kalmış, sonuçta gelişim çağı için geliştirilen modeller için hacimde %10, göğüs yüzeyinde %13 ve ağaç sayısında ise %44 oranında iyileşme tespit edilmiştir. Kelkit araştırma alanında bc çağları bir grup ve c, cd çağları ayrı bir grup olmak üzere iki farklı grup şeklinde değerlendirme yapılmış, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modellerin istatistikî sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kelkit araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları

		Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R ² (bc çağı)	57	0.13	0.50	0.48
	Std. Hata		237	33.9	5.1
	Düzeltilmiş R ² (c-cd çağı)	41	0.44	0.60	0.62
	Std. Hata		148	32.3	4.6
Rasat	Düzeltilmiş R ² (bc çağı)	57	0.17	0.23	0.26
	Std. Hata		246	42.1	6.1
	Düzeltilmiş R ² (c-cd çağı)	41	0.16	0.12	0.13
	Std. Hata		179	48.2	7.1
Göktürk2	Düzeltilmiş R ² (bc çağı)	57	0.27	< 0.1	0.14
	Std. Hata		212	-	6.6
	Düzeltilmiş R ² (c-cd çağı)	41	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-
WorldView 2	Düzeltilmiş R ² (bc çağı)	57	0.15	0.25	0.32
	Std. Hata		253	40.2	6.5
	Düzeltilmiş R ² (c-cd çağı)	41	0.12	0.27	0.28
	Std. Hata		187	43.4	6.8

Kelkit araştırma alanı için bc çağındaki saf Sarıçam meşcereleri için geliştirilen regresyon modellerinin sonuçları irdelendiğinde, uyduların başarı sıralamasında bir değişikliğin olmadığı, Göktürk 2’nin göğüs yüzeyi tahmininde farklılık olmakla birlikte

hacim ve göğüs yüzeyi dikkate alındığında bariz bir farklılığın olmadığı, bununla birlikte ağaç sayısında tüm uyduların başarısında 7 puana varan az da olsa artışlar olduğu görülmüştür. Bahsedilen gelişim çağındaki meşcereler için geliştirilen modeller E 7, E 8 ve E 9 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = -48198.7 - 44.7*B1 + 87.3*B3 + 12716*(B1/B2) + 2276.5*(B4/B1) - 4625.7*(B4/B2) + 4453*(B4/B3) + 5165324.4/B3 \quad (E 7)$$

Göktürk-2 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 7) modeli, 0.27 düzeltilmiş R^2 ve 212 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki bc çağındaki 2, 3 kapalılığa sahip meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %27 oranında ve 212 adet standart sapma ile açıklamaktadır.

$$V = -18728.6 - 1.1*B4 - 371.3*(B3/B4) + 9959.6*(B3/B6) - 3788*(B3/B7) + 3689.3*(B6/B7) + 120.8*(B7/B3) + 5738.3*(B7/B6) - 82234.3/B3 + 31042.3/B4 + 3693024.8/B6 - 992130.3/B7 + 1143.5*LN(B7) \quad (E 8)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 8) modeli, 0.50 düzeltilmiş R^2 ve 34 m^3 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki bc çağındaki 2, 3 kapalılığa sahip meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %50 oranında ve 34 m^3 sapma ile açıklamaktadır.

$$GY = -2535.4 - 0.2*B4 - 54.6*(B3/B4) + 1409.1*(B3/B6) - 535.2*(B3/B7) + 503.3*(B6/B7) + 17*(B7/B3) + 766.7*(B7/B6) - 11866/B3 + 4561.4/B4 + 492641.8/B6 - 130906/B7 + 155.5*LN(B7) \quad (E 9)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 9) modeli, 0.48 düzeltilmiş R^2 ve 5.1 m^2 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki b, bc çağında ve 2, 3 kapalılığa sahip meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %48 oranında ve 5.1 m^2 sapma ile açıklamaktadır.

Kelkit araştırma alanı için c ve cd çağındaki saf Sarıçam meşcereleri için geliştirilen regresyon modellerinin sonuçları irdelendiğinde, Landsat 8'in her üç parametrenin tahmin edilmesinde ağaç sayısında %27, göğüs yüzeyinde %13 ve hacimde %10 oranında olmak üzere belirgin iyileşme sağlandığı görülmüştür. Rasat uydusuna ilişkin ağaç sayısında belirgin bir değişiklik görülmemiş buna karşın, hacim ve göğüs yüzeyi tahmininde bir miktar azalış yaşanmıştır. Göktürk-2'ye ait ağaç sayısı tahminini %20 oranında artmış

buna karşın hacim ve göğüs yüzeyi tahmininde bir değişim gözlenmemiştir. Worldview-2 uydusuna ait başarı çıktılarında ise farklılık yaratacak bir değişim gözlemlenmemiştir. Söz edilen c ve cd gelişim çağındaki meşçereler için geliştirilen modeller E 10, E 11 ve E 12 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = -143668.2 - 11*B4 - 4847.1*(B3/B7) - 1310.8*(B4/B3) + 25891.3*(B4/B6) + 13556.5*(B6/B7) + 31241097.2/B6 - 6069162/B7 + 15968.8*LN(B7) \quad (E 10)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 10) modeli, 0.44 düzeltilmiş R^2 ve 148 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki c ve cd çağında ve 2, 3 kapalılığa sahip meşçere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %44 oranında, 148 adet sapma ile açıklamaktadır.

$$V = -27307.7 - 958.4*(B3/B7) + 2439.5*(B4/B6) + 3164.3*(B6/B7) + 89.5*(B7/B4) - 41005.9/B4 + 7773545.6/B6 - 1758299.2/B7 + 2738.4*LN(B7) \quad (E 11)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 11) modeli, 0.60 düzeltilmiş R^2 ve 32.3 m^3 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki c ve cd çağındaki 2, 3 kapalı meşçere tiplerinin hektardaki hacmini %60 oranında 32.3 m^3 sapma ile açıklamaktadır.

$$GY = -4232.3 - 141.8*(B3/B7) + 363.4*(B4/B6) + 491.3*(B6/B7) + 13.1*(B7/B4) - 5946.8/B4 + 1206881.1/B6 - 277058.8/B7 + 424.8*LN(B7) \quad (E 12)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 12) modeli, 0.62 düzeltilmiş R^2 ve 4.6 m^2 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki c ve cd çağındaki 2, 3 kapalı meşçere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %62 oranında 4.6 m^2 sapma ile açıklamaktadır.

Elde edilen sonuçlar Kelkit araştırma alanı farklı gelişim çağları için yeniden geliştirilen modellerin tahmin başarısını genellikle arttırdığını göstermiştir. Özellikle c ve cd çağlarındaki meşçere tiplerine ilişkin ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi bağımsız değişkenlerini Landsat 8 uydusunun sırasıyla %44, %60 ve %62 'lik kısmını ağırlıklı olarak 6. ve 7. bantları (SWIR bantları) açıklamaktadır. Gelişim çağı itibari ile c ve cd çağının regresyon modeli tahminin bc çağından daha yüksek çıkmasının nedeni olarak örnek sayısının nispeten az olması ve bu çağda alınan örnekleme alanlarının bc çağına göre daha homojen olmasıdır.

3.3. İğdir Araştırma Alanı İçin Geliştirilen Regresyon Modelleri

Landsat 8, Rasat, Göktürk-2 ve Dijital Kamera ile Çekilmiş Hava Fotoğrafı olmak üzere 4 farklı görüntünün denendiği İğdir araştırma alanında, 8 adet GA (optimale kıyasla, kalın çap basamaklarında fazla sayıda ağaç bulunmasına karşın, orta ve ince çap basamaklarında az sayıda ağaç bulunan seçme ormanı) ve 67 adet GD (A, B, C sapma biçimlerinden hiç birine benzemeyen, ya da bunların karışımından oluşan kuruluş durumundaki aktüel seçme ormanı) meşcere tipi olmak üzere toplamda 98 adet örnekleme alanı verisinden hareket edilerek bir çok regresyon modeli oluşturulmuştur. Elde edilen modeller içerisinde düzeltilmiş R^2 'leri en yüksek ve standart hataları en düşük olanlar seçilmiş ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 18).

Tablo 18. İğdir araştırma alanına ilişkin tüm meşcere tipleri birlikte değerlendirildiğinde elde edilen regresyon model çıktıları

Platform Adı	İstatistiki Değer.	Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R^2	95	0.27	0.48	0.43
	Std. Hata		193	92.1	8.4
Rasat	Düzeltilmiş R^2	95	< 0.1	0.13	< 0.1
	Std. Hata		-	111	-
Göktürk-2	Düzeltilmiş R^2	95	0.19	< 0.1	0.14
	Std. Hata		212	-	10.1
Dijital Hava Fotoğrafı	Düzeltilmiş R^2	95	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Std. Hata		-	-	-

Tüm örnekleme alanları verileri değerlendirilerek elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Landsat-8 uydu verileri kullanılarak geliştirilen modellerin ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyini en yüksek oranda tahmin ettiği ve düzeltilmiş R^2 'lerinin ise, sırasıyla 0.27, 0.48 ve 0.43 olduğu görülmüştür. Hacim dikkate alındığında, Landsat-8 uydusunu Rasat uydusu izlemiş, Göktürk-2 ve hava fotoğraflarının başarısı ise çok düşük oranda kalmıştır. Ağaç sayısı dikkate alındığında ise, Landsat 8 uydusunu Göktürk-2 uydusu izlemiştir. Göğüs yüzeyine ilişkin başarı sıralaması da ağaç sayısı ile aynı olmuştur.

İğdir araştırma alanı için tüm örnekleme alanı verileri değerlendirildiğinde, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için geliştirilen modeller E 13, E 14 ve E 15 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = -9415.9 + 33*B2 + 7.1*B5 - 1070.7*ND64 - 425.4*(B6/B7) + 3884086.2/Albedo \text{ (E 13)}$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 13) modeli, 0.27 düzeltilmiş R^2 ve 193 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA ve GD meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayısını %27 oranında 193 adet sapma ile açıklanmaktadır.

$$V = -2684.5 - 36.4*B2 + 47.6*B3 + 4.9*B5 + 103.3*B7 + 2006.1*ARVI - 5979.1*ND64 - 17348.6*(B7/B6) - 1111.9*(B6/B7) + 7663413.1/Albedo - 0.2*(B6*B7) \quad (E 14)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 14) modeli, 0.48 düzeltilmiş R^2 ve 92.1 m^3 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA ve GD meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %48 oranında 92.1 m^3 sapma ile açıklanmaktadır.

$$GY = 1079.5 - 5.2*B2 + 3.4*B3 - 0.6*B4 + 12.6*B7 + 316.6*ARVI - 907.1*ND64 - 2052.3*(B7/B6) - 122.1*(B6/B7) - 0.03*(B6*B7) \quad (E 15)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 15) modeli, 0.43 düzeltilmiş R^2 ve 8.4 m^2 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA ve GD meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %43 oranında 8.4 m^2 sapma ile açıklanmaktadır.

Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi için elde edilen regresyon modellerinin, hacme nazaran daha az tahmin sonuçlarına ulaştığı ve Landsat 8 uydusunun tüm meşcere parametrelerine ilişkin tahmin değerlerinde ön plana çıktığı görülmüştür. Dijital hava fotoğraflarının ise tüm meşcere parametrelerine ilişkin tahmin düzeyi oldukça düşük olmuştur. Landsat 8 uydu verileri tarafından üretilen modellere bakıldığında, geliştirilen modellerde Kelkit araştırma alanında olduğu gibi sadece kısa dalga boyuna sahip olan 6. ve 7. bantlarının etkili olmadığı, buna karşın Albedo indeksi gibi tüm bantların kullanıldığı ya da ND64 gibi 5. ve 6. bant değerlerinin kullanıldığı farklı bant ya da indekslerin burada etkili olduğu görülmüştür.

Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca Kelkit araştırma alanında olduğu gibi, verileri farklı değerlendirip modellerin tahmin başarısını artırılması noktasında arayışa gidilmiş ve farklı meşcere tipleri için modeller üretilmesi durumunda başarının nasıl olacağı sorusuna cevap aranmıştır. Sonuçta, farklı meşcere tiplerine ilişkin geliştirilen modeller için hacimde %18, göğüs yüzeyinde %19 ve ağaç sayısında ise %44 oranına varan iyileşmeler tespit edilmiştir. İğdir araştırma alanında GA ve GD meşcere tipleri ayrı grup olmak üzere iki farklı grup şeklinde değerlendirme yapılmış, ağaç sayısı, hacim ve göğüs yüzeyi için

geliştirilen modellerin istatistikî sonuçları Tablo 19’da verilmiştir.

İğdir araştırma alanında yayılış gösteren GA meşcereleri için geliştirilen regresyon modellerinin sonuçları irdelendiğinde, özellikle dijital hava fotoğrafının başarısının bahsedilen meşcere tipi için belirgin biçimde arttığı görülmüştür. Tüm örnekleme alanları birlikte değerlendirildiğinde başarının neredeyse olmadığı bahsedilen uzaktan algılama veri kaynağında, ağaç sayısında %44, yine düşük olmakla birlikte hacimde %18 ve göğüs yüzeyinde ise %19 oranında tahmin düzeyi elde edilmiştir. En yüksek başarının elde edildiği Landsat 8 uydusunda her üç meşcere parametresi için GA meşceresinde %60 oranında tahmin başarısı söz konusudur. İğdir araştırma alanında yayılış gösteren GA meşcereleri için geliştirilen modeller dikkate alındığında, ağaç sayısı için düşüş gösteren Göktürk-2 hariç tutulduğunda genel tahmin başarısının her platform ve her parametre için artış gösterdiği görülmüştür.

Tablo 19. İğdir araştırma alanına ilişkin farklı gelişim çağları dikkate alındığında elde edilen regresyon model çıktıları

		Örnek Alan Sayısı	N	V	GY
Landsat 8	Düzeltilmiş R^2 (GA çağı)	28	0.60	0.60	0.59
	Std. Hata		106	104.6	8.5
	Düzeltilmiş R^2 (GD çağı)	67	0.25	0.38	0.38
	Std. Hata		201	86.6	7.8
Rasat	Düzeltilmiş R^2 (GA çağı)	28	< 0.1	.013	0.10
	Std. Hata		-	128.5	10.8
	Düzeltilmiş R^2 (GD çağı)	67	< 0.1	0.14	< 0.1
	Std. Hata		-	103.6	-
Göktürk-2	Düzeltilmiş R^2 (GA çağı)	28	< 0.1	0.19	0.2
	Std. Hata		-	154.4	12.1
	Düzeltilmiş R^2 (GD çağı)	67	0.18	0.11	0.18
	Std. Hata		214	114.5	9.2
Dijital hava fotoğrafi	Düzeltilmiş R^2 (GA çağı)	28	0.44	0.18	0.19
	Std. Hata		119.3	124.7	10.6
	Düzeltilmiş R^2 (GD çağı)	67	< 0.1	0.12	0.12
	Std. Hata		-	102.4	8.5

İğdir araştırma alanı GA meşcereleri için geliştirilen modeller E 16, E 17 ve E 18 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = -9626.2 + 14289.9*NDVI + 6333.6*ARVI - 7331.1*ND64 + 31579.7*ND43 + 7732.2*(B7/B6) \quad (E 16)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 16) modeli, 0.60 düzeltilmiş R^2 ve 106 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA meşcere tipinin hektardaki ağaç sayısını %60 oranında 106 adet sapma ile açıklanmaktadır.

$$V = -9362.9 - 103.9*B2 + 133.4*B3 + 13528.3*ARVI + 24540.5*ND43 + 802.1*(B6/B7) \quad (E 17)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 17) modeli, 0.60 düzeltilmiş R^2 ve 104.6 m^3 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA meşcere tipinin hektardaki hacmini %60 oranında 104.6 m^3 sapma ile açıklanmaktadır.

$$GY = -796.1 - 7.9*B2 + 10.5*B3 + 1080.1*ARVI + 1982*ND43 + 67*(B6/B7) \quad (E 18)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 18) modeli, 0.59 düzeltilmiş R^2 ve 8.5 m^2 /ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GA meşcere tipinin hektardaki göğüs yüzeyini %59 oranında 8.5 m^2 sapma ile açıklanmaktadır.

İğdir araştırma alanında yayılış gösteren GD meşcereleri için geliştirilen regresyon modellerinin sonuçları irdelendiğinde, nispi artış yaşanan Göktürk-2 verisi kullanılarak tahmin edilen hacim değerleri ile dijital hava fotoğrafı verileri kullanılarak tahmin edilen hacim ve göğüs yüzeyi parametreleri hariç olmak üzere tüm model çıktılarının başarısında düşüş kaydedilmiştir. İğdir araştırma alanı GD meşcereleri için geliştirilen modeller E 19, E 20 ve E 21 nolu denklemlerde verilmiştir.

$$N = -32.2 - 59.4*B1 + 100.4*B2 - 6940.2*(B7/B5) - 629.3*(B6/B7) \quad (E 19)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 19) modeli, 0.25 düzeltilmiş R^2 ve 201 adet/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GD meşcere tipinin hektardaki ağaç sayısını %25 oranında 201 adet sapma ile açıklanmaktadır.

$$V = 3982.7 - 34.2*B2 + 32.2*B3 - 2.7*B4 + 11.9*B7 + 1280.4*ARVI - 4101.1*ND64 + 3083.8*ND65 - 6190.6*(B7/B5) \quad (E 20)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 20) modeli, 0.38 düzeltilmiş R^2 ve 86.6 m^3/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GD meşcere tiplerinin hektardaki hacmini %38 oranında 86.6 m^3 sapma ile açıklanmaktadır.

$$GY = 1217.8 - 4.8*B2 + 2.8*B3 - 0.5*B4 + 13.2*B7 + 322.6*ARVI - 886.9*ND64 - 2297.8*(B7/B6) - 153.6*(B6/B7) - 0.03*B6x7 \quad (E 21)$$

Landsat 8 uydusu yardımıyla geliştirilen (E 21) modeli, 0.38 düzeltilmiş R^2 ve 7.8 m^2/ha standart hataya sahip olup, araştırma alanındaki GD meşcere tiplerinin hektardaki göğüs yüzeyini %38 oranında 7.8 m^2 sapma ile açıklanmaktadır.

İğdir araştırma alanında yayılış gösteren değişik yaşlı meşcerelere ilişkin tahmin sonuçları, Kelkit araştırma alanında yayılış gösteren meşcerelere göre biraz daha düşük çıkmış olsa da genel itibariyle birbirine yakın sonuçlar vermektedir. İki araştırma alanı için farklı gelişim çağları ve meşcere tipleri dikkate alınarak geliştirilen modellerin başarılarını dikkate aldığımızda, örnekleme sayısının diğer gruba göre nispeten az ve çap değerlerinin genellikle yüksek olduğu c, cd ve GA meşcerelerinde, daha yüksek başarı düzeyine ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin değişik yaşlı meşcereler içinde 28 adet örnek alanla en fazla ağaç sayısı tahminini veren Landsat 8 olmuştur (R^2 : 0.60 Hata:106 adet/ha). Ağaç sayısının tahminin bu kadar fazla olmasının nedeni olarak GA meşceresinin diğer meşcereye göre daha homojen olmasıdır. Ayrıca değişik yaşlı bu meşcere tipinin yayılış gösterdiği alanlar verim gücüne bakıldığında bonitetlerinin iyi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bonitet, çap sınıfı ve gelişim çağı uzaktan algılamada tahminleri etkilemektedir.

Elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında bazı parametreler için yüksek bazıları için ise daha düşük belirtme katsayısı elde edildiği görülmektedir. Mohammadi (2007) hacim için geliştirdiği modelin R^2 'sini %43 ve hatasını 97.49 m^3/ha bulmuş, ağaç sayısının R^2 'sini %73.4 ve hatasını da 170 adet/ha olarak hesaplamıştır. Gerçekleştirilen çalışma çıktıları ile Mohammadi (2007) tarafından elde edilen bu sonuçlar karşılaştırıldığında, ağaç sayısı tahmini oldukça düşük, hacim tahmini ise, Landsat 8 kullanılarak geliştirilen modeller dikkate alındığında daha yüksek bulunmuştur.

Ateşoğlu (2009), Landsat 7, Spot ve Aster uydu görüntüleri yardımıyla yaptığı Kayın ağaç türü çalışma alanında ağaç sayısının düzeltilmiş R^2 'sini Landsat 7'de 0.33

standart hatasını ise 313 adet/ha olarak bulmuş, Spot uydusu ile ağaç sayısının %12'sini 356 adet/ha hata ile tahmin etmiştir. Göğüs yüzeyi için Landsat 7 uydusu düzeltilmiş R^2 yi en yüksek 0.75 ve standart hatası da 4.8 m²/ha olarak bulmuştur. Hacim için ise, yine Landsat 7 uydusu ile %51 oranında hektarda 53 m³/ha hata ile tahmin etmiştir. İğdir ve Kelkit araştırma alanında ise, tüm örnekleme alanları birlikte değerlendirildiğinde, Sarıçam'da ağaç sayısı %20, Gökmar'da ise %27, farklı gelişim çağındaki meşcereler için ise, Sarıçam'da %27, Gökmar'da ise, %60 oranında tahmin edilmiştir. Bu durumda, meşcereler birlikte değerlendirildiğinde, geliştirilen modellerin başarısı, Spot uydu verileri kullanılarak tahmin edilen ağaç sayısının üstünde olmuş, buna karşın Landsat 7 tarafından elde edilen tahmin değerlerinin altında kalmıştır. Bununla birlikte farklı gelişim çağıları dikkate alındığında, Landsat 7'nin çok üstünde bir başarı sağlanmıştır. Göğüs yüzeyinde Landsat 7'nin tahmin başarısının altında kalınmış, buna karşın Landsat 7 tarafından gerçekleştirilen %51 oranındaki başarıya Kelkit araştırma alanında yakın başarı elde edilmiş, İğdir'de Gökmar'ın farklı meşcereleri için ise %60 oranındaki tahmin düzeyi ile bu değer üzerinde bir başarı elde edilmiştir.

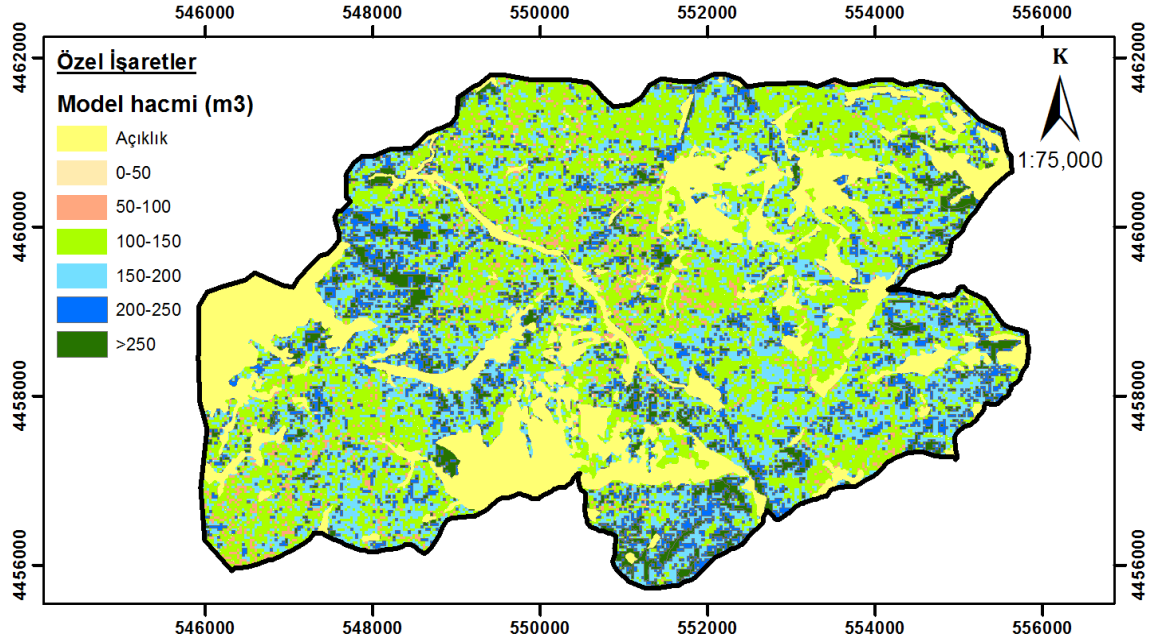
Mısır (2013) tarafından Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve 25 farklı bitki örtüsü indeksi kullanarak meşcere hacmini %60 oranında tahmin eden sonuçlar ile karşılaştırıldığında, Sarıçam için benzer sonuçlar elde edilmiş, buna karşın farklı meşcereler için Gökmar'da %10 oranında daha iyi sonuca ulaşılmıştır. Şenyurt vd. (2013) Landsat uydu görüntüsü yardımıyla göğüs yüzeyi ve ağaç sayısının %65 ve %58'lük oranda regresyon modeli yardımıyla açıklandığı sonuçlar ile karşılaştırıldığında ise, hem göğüs yüzeyi hem de ağaç sayısı tahminlerinde elde edilen modellerin bu başarımın altında kaldığı görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada ayrıca, elde edilen modeller her iki araştırma alanı için uygulanmış ve elde edilen çıktılar güncel meşcere haritası ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

3.4. Geliştirilen Modellerin Araştırma Alanları İçin Uygulanması ve Güncel Meşcere Haritası ile Karşılaştırılması

Geliştirilen modeller içinden en yüksek R^2 'ye ve en düşük standart hataya sahip modeller seçilmiş ve her iki araştırma alanı için uygulanmıştır. Örnek olması açısından sadece hacim parametresinin dikkate alındığı bu çalışmada, Kelkit araştırma alanı için E 5 ve İğdir araştırma alanı için de E 14 nolu eşitlikler kullanılmıştır. Bunun için öncelikle ERDAS Imagine 2014 programında her bant için raster formatından vektör formatına dönüştürülen katmanlar kullanılmıştır. Her banda ilişkin oluşturulan katmanlar Arc Map

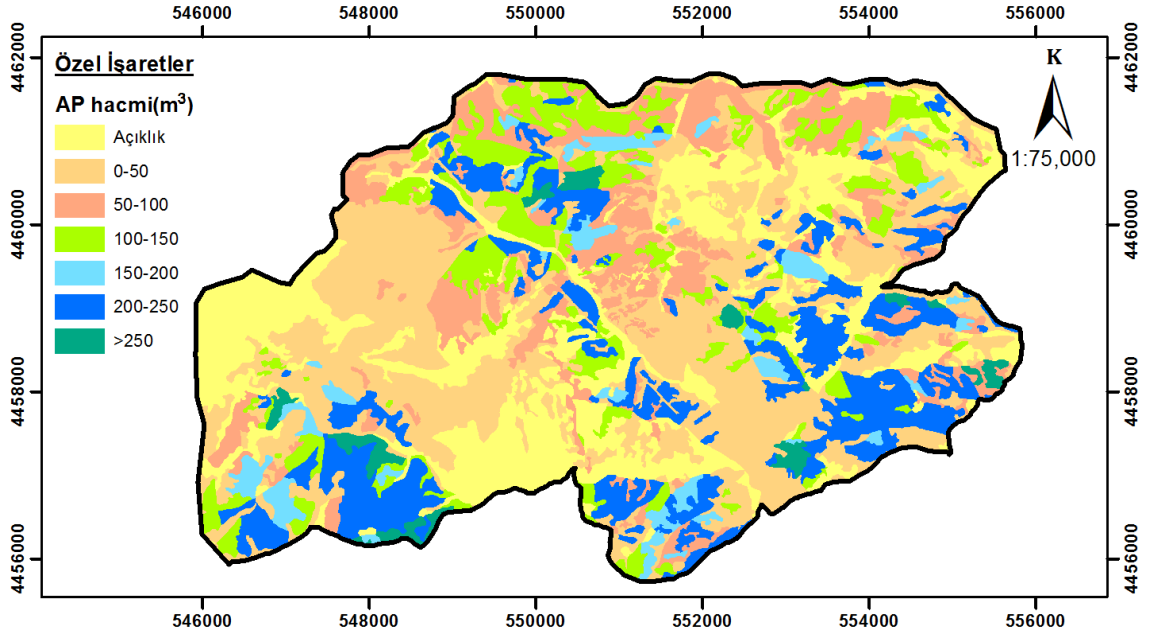
10.1 yazılımı sayesinde “*intersect*” komutu ile çakıştırılmış ve geliştirilen modeller yeni bir sütunda “*field calculator*” komutu ile her bir piksel için hesaplanmıştır.



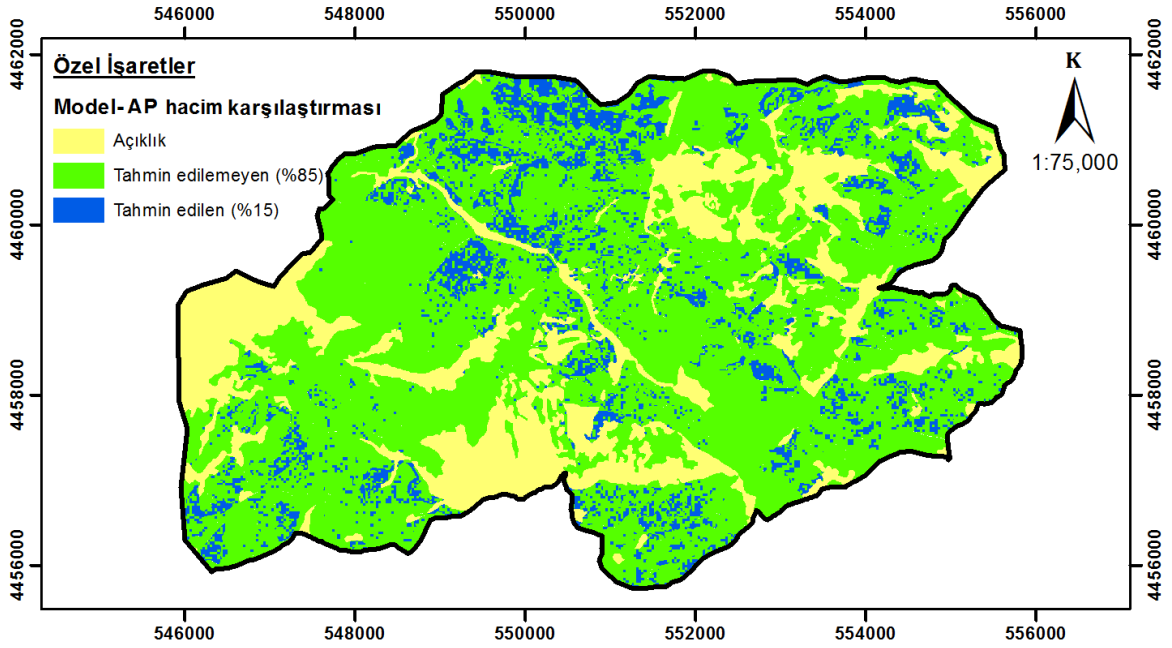
Şekil 24. Kelkit araştırma alanı model hacim haritası

Daha sonra Kelkit araştırma alanı için 50 m³ aralıklarla sınıflar oluşturulmuş ve aynı sınıfta yer alan pikseller “*dissolve*” komutu ile birleştirilmiştir. Geliştirilen hacim modeli yardımıyla elde edilen çıktı Şekil 24’de verilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmanın bu bölümünde, elde edilen model hacim haritası orman amenajman planı verileri ve meşcere haritası kullanılarak oluşturulan ve Şekil 25’de verilen güncel hacim haritası ile çakıştırılmış ve elde edilen harita Şekil 26’da verilmiştir.



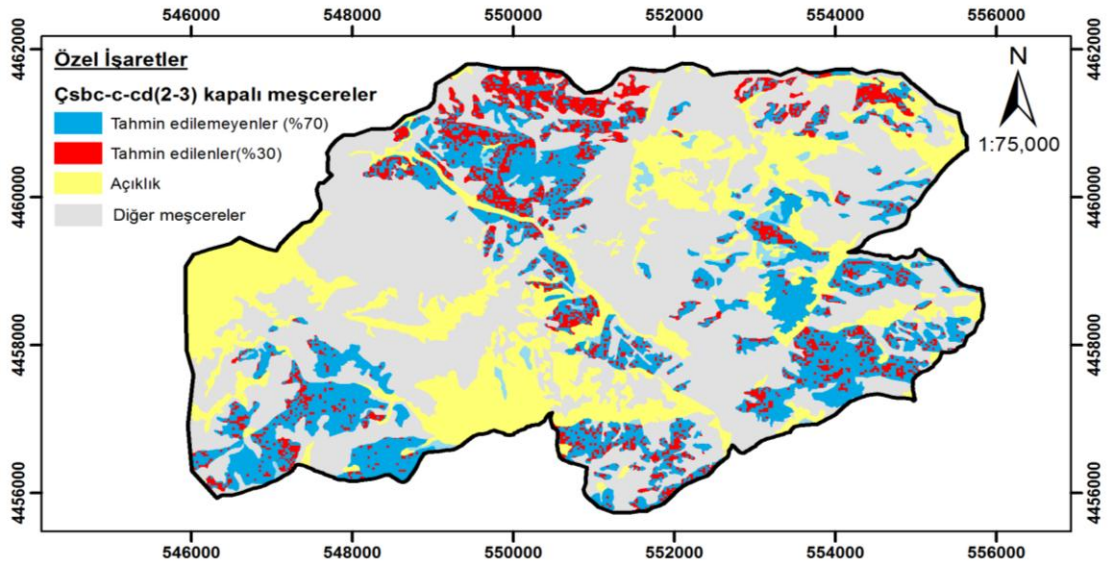
Şekil 25. Kelkit araştırma alanı AP hacim haritası



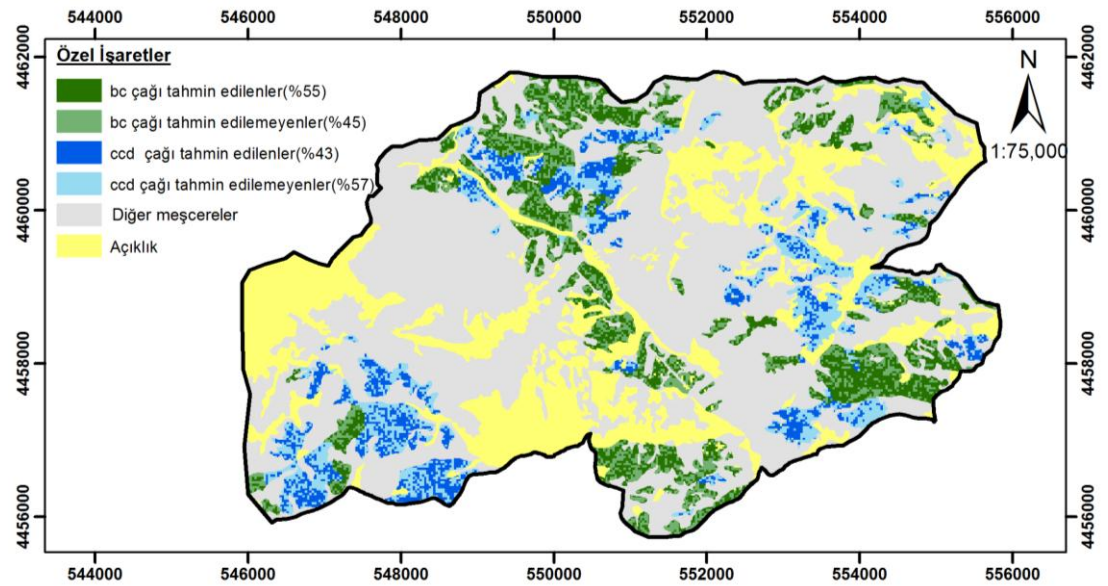
Şekil 26. Kelkit araştırma alanı model ile AP hacminin karşılaştırılması

Meşcere haritası ve amenajman planı hacim değerleri kullanılarak oluşturulan AP hacim haritası temel alınıp, model hacim haritası ile karşılaştırıldığında, konumsal olarak aynı hacim sınıfında yer alan alanların %15 düzeyinde kaldığı, buna karşın farklı hacim sınıfındaki alanların %85 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 26).

Bahsedilen yöntemin, modelin geliştirilmesinde kullanılan bc-c-cd çağında ve 2-3 kapalı meşcerelere uygulanması ve diğer meşcerelerin dikkate alınmaması halinde amenajman plan verilerine göre tahminin %30'a yükseldiği görülmüştür (Şekil 27). Gelişim çağlarını dikkate alan E 8 ve E 11 nolu modeller yardımıyla elde edilen hacim değerlerinin amenajman planı verilerine göre tahmin değerleri, bc çağındaki meşcereler için %55 ve c, cd çağındaki meşcereler için de %45 oranında yükseldiği görülmektedir (Şekil 28).

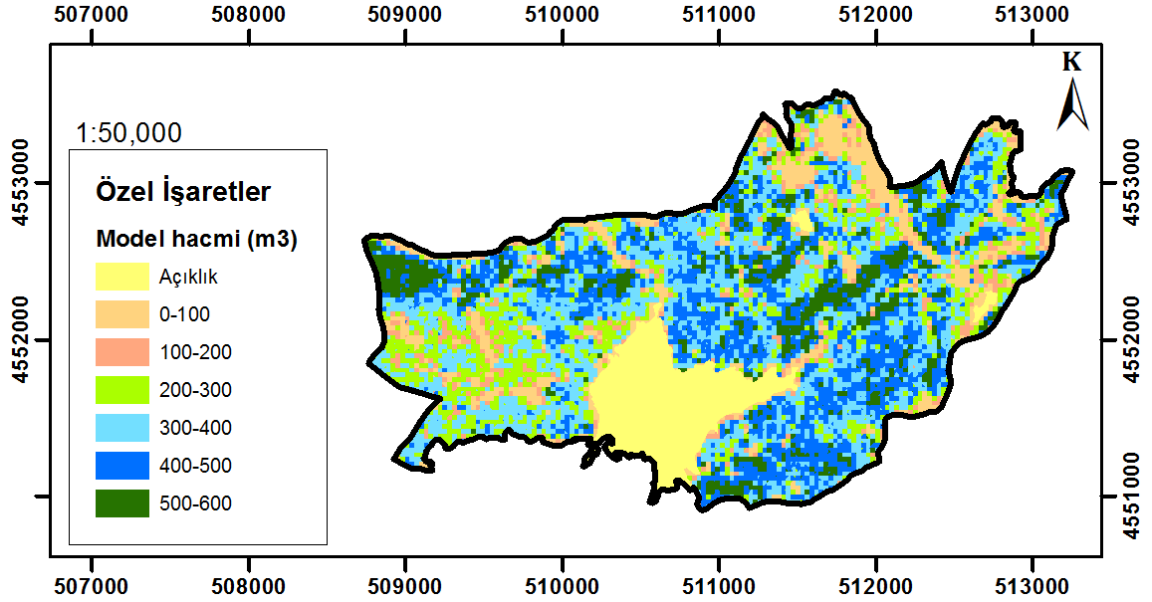


Şekil 27. Kelkit araştırma alanı gelişim çağlarını dikkate alan model hacim haritası ile AP hacim haritası karşılaştırılması

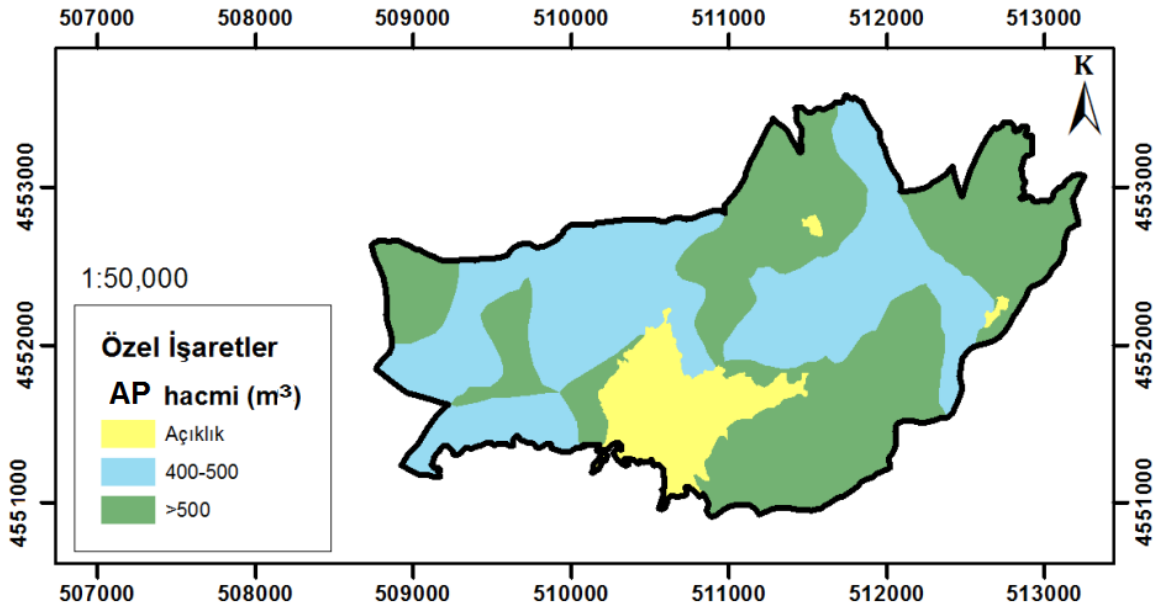


Şekil 28. Kelkit araştırma alanında farklı gelişim çağlarının dikkate alınmasıyla elde edilen model çıktılarının AP hacmi ile karşılaştırılması

Benzer çalışma İğdir araştırma alanı için de gerçekleştirilmiş, meşcere hacminin bu alanda yüksek değerlere ulaşması ve oluşturulacak sınıf sayısının çok fazla olmasının önüne geçmek amacıyla hektarda 100 m^3 aralıkla sınıflar oluşturularak E 14 nolu formülü yardımıyla model hacim haritası oluşturulmuştur (Şekil 29).

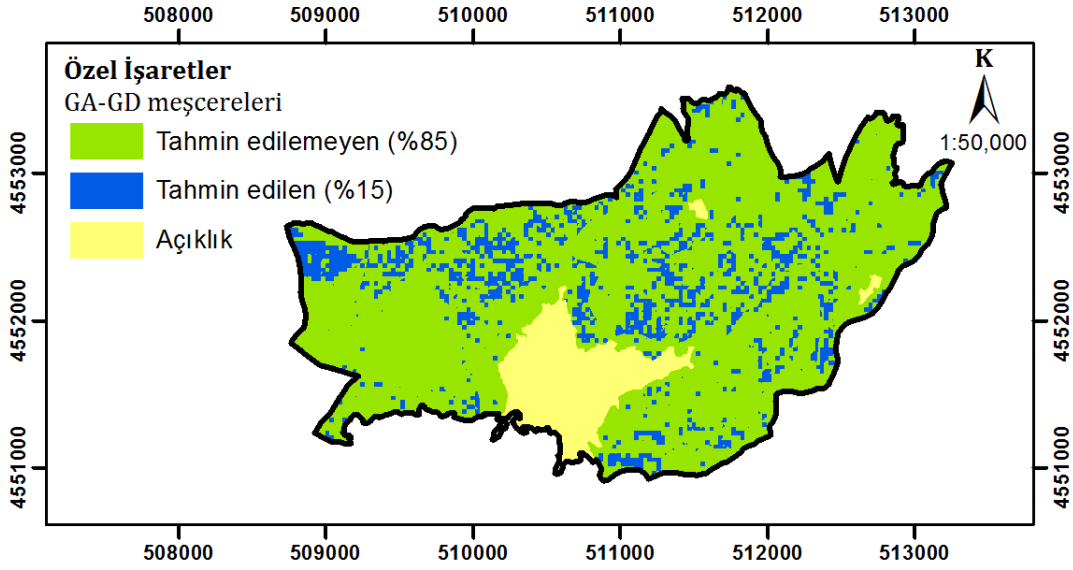


Şekil 29. İğdir araştırma alanı model hacim haritası



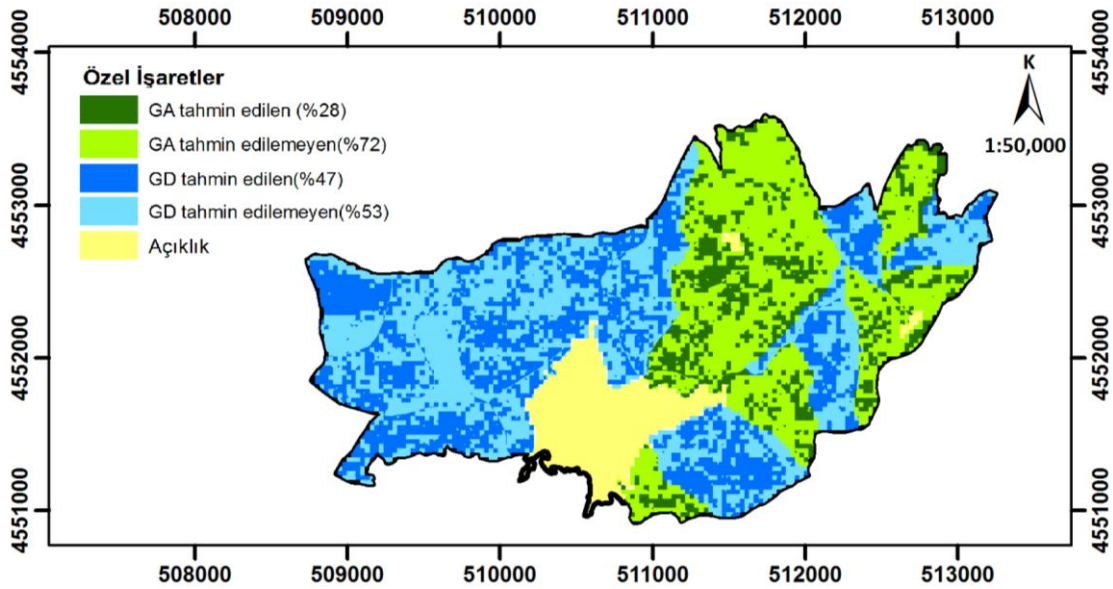
Şekil 30. İğdir araştırma alanı AP hacim haritası

Elde edilen ve Şekil 29'da verilen model hacim haritası, Şekil 30'da verilen AP hacim haritası ile karşılaştırılmış ve Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. İğdir araştırma alanı model ile AP hacmi karşılaştırılması

İğdir araştırma alanı meşcere haritası ve amenajman planı hacim değerleri kullanılarak oluşturulan AP hacim haritası, model hacim haritası ile karşılaştırıldığında, konumsal olarak aynı hacim sınıfında yer alan alanların %15 düzeyinde kaldığı, buna karşın farklı hacim sınıfındaki alanların %85 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 31).



Şekil 32. İğdir araştırma alanında farklı meşcere tiplerinin dikkate alınmasıyla elde edilen model çıktılarının AP hacmi ile karşılaştırılması

İğdir araştırma alanı için meşcere tiplerini dikkate alan E 17 ve E 20 nolu modeller yardımıyla sadece örnekleme yapılan meşcereler dikkate alınarak hacim tahminleri gerçekleştirilmiş ve amenajman planı verilerine göre tahmin değerlerinin GA meşcere tipi

için %28 ve GD meşcere tipi için %47 ' ye yükseldiği görülmüştür (Şekil 32).

Başarı düzeylerinin her iki araştırma alanı için de, beklentinin altında kalmasının nedeni orman amenajman planı meşcere haritalarının düzenlenmesi aşamasında meşcere tipleri ayrılırken en küçük alanın 5000 m² olarak dikkate alınması, daha küçük alanların yedirme işlemi denilen çevredeki meşcere tiplerine katılmasıdır. Landsat 8 uydusunun 30 m. konumsal çözünürlüğü dikkate alındığında 900 m² büyüklükte çıktılar vermektedir. Bu büyüklükteki alanlar 1/25000 ölçekli meşcere haritasında gösterilmesi yönetmeliğe göre uygun değildir. Ayrıca, meşcere tipleri haritası düzenlenirken, lokal boşluklar yollar, enerji iletim hatları altındaki boşluklar vb. alanlar da ayrı bir poligon olarak yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü gösterilememektedir. Sonuç olarak, elde edilen model sonuçlarının birebir AP hacim verileri ile karşılaştırılması sağlıklı gözükme de genel bir fikir vermesi açısından önemli görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışmada özellikle milli uydularımız Rasat, Göktürk-2 ve dijital hava fotoğrafları ile Landsat-8 ve Worldview-2 uydu verilerinden yararlanılarak hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı olmak üzere farklı meşcere parametreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aynı yaşlı ve değişik yaşlı olarak işletilen iki farklı orman formunda meşcerelerin yer aldığı Kelkit ve İğdir planlama birimleri içinden seçilen araştırma alanlarında toplam 193 örnekleme alanı alınmıştır. Örnekleme alanı verilerinden hareketle hesaplanan meşcere parametreleri ile uydu görüntülerinin her bandı için elde edilen piksel değerleri kullanılarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiş ve çok sayıda model geliştirilmiştir.

Çalışma sonucunda aynı zamanda, orta ve yüksek çözünürlüğe sahip ulusal uydu görüntülerimizden elde edilen sonuçlar ile yurt dışından temin edilen diğer Landsat 8 ve WorldView-2 görüntülerden elde edilen sonuçları karşılaştırma imkanı elde edilmiş ve böylece ülkemizde ilk defa ulusal uydularımızın etkinliği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur.

Geliştirilen modeller içerisinde hacim ve göğüs yüzeyi dikkate alındığında en yüksek başarıyı Landsat 8 uydusu Kelkit araştırma alanı için sırasıyla %50 ve %49 oranında ve İğdir araştırma alanı için ise %48 ve %43 oranında sağlamıştır. Ağaç sayısında ise Kelkit’de Göktürk-2, %20 ile ilk sırada yer alırken, İğdir’de Landsat 8, %27 ile en başarılı tahmini gerçekleştirmiştir. Modellerin başarısının arttırılmasına yönelik olarak farklı arayışlara gidilmiş ve gelişim çağlarının dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılması durumunda başarının belirli bir oranda arttığı görülmüştür. Buna göre, Kelkit araştırma alanı için b, bc ile c ve cd gelişim çağları dikkate alınarak iki farklı model geliştirilmiş, ikinci grup için geliştirilen modelin hacmi %60 oranında ve göğüs yüzeyini ise %62 oranında tahmin edebildiği anlaşılmıştır. Benzer şekilde İğdir araştırma alanında yer alan iki farklı meşcere tipi olan GA ve GD meşcere tipleri için düzenlenen modeller dikkate alındığında ise, GA meşcere tipi için en yüksek değeri veren Landsat 8’in başarısı hacimde %60 ve GD meşcere tipinde ise %38 olmuştur.

Gerçekleştirilen çalışma ve literatür dikkate alındığında uzaktan algılama yardımıyla meşcere parametreleri içerisinde en az tahmin ağaç sayısında elde edilmektedir. Bunun asıl nedenin uydu görüntülerinde ağaçların sadece tepelerinin renk tonunun dikkate alınması, meşcerenin tepe çatısının altında kalan ve bu nedenle dikkate alınamayan ya da algılanamayan gövdelerin anlamlı sonuçlar vermemesidir. Göğüs yüzeyi ve hacme ilişkin tahmin değerleri, her iki parametrenin ilişkili olması nedeniyle birbirlerine yakın çıkmış ve gelişim çağları dikkate alındığında bile ancak %60 oranında tahmin edilebilmiştir. Elde edilen bu başarı düzeyi şu anda orman amenajman planlarının düzenlenmesinde kullanılmak üzere yeterli değildir. Bununla birlikte gerçekleştirilen çalışma, bazı iyileşmeler yapılarak başarı düzeyinin arttırılabileceğini göstermektedir. Gerçekleştirilen çalışma aynı zamanda, başarı düzeyinin %80 seviyesine çıkabileceğine dair umut vermektedir. Bu kapsamda yapılması gerekenleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Yansıma değerleri yerine piksel değerlerinin kullanılması: Her ne kadar %60 civarında bir başarı elde edilmiş de olsa, literatür dikkate alındığında piksel değerleri yerine yansıma değerlerinin kullanılması başarıyı arttıracaktır. Literatüre bakıldığında piksel değerleri yerine yansıma değerlerinin kullanılması ile, başarının %40'a kadar artabileceği ifade edilmektedir. Çalışmada kullanılan ERDAS Imagine gibi bazı görüntü işleme programları belli başlı uydular için çözümler üretmektedir. Örneğin atmosferik düzeltmenin yapılmasında ya da yansıma değerlerinin elde edilmesinde bu yazılımlar Göktürk-2, Rasat gibi uydular için yetersiz kalmaktadır. Bunun için ayrıca detay bir hesaplama ya da MATLAB'da kod yazılması gerekmektedir. Geometrik, radyometrik düzeltmeleri yapılan ve görüntü iyileştirme işlemleri gerçekleştirilen uydu görüntülerinin, MATLAB yazılımı ya da farklı yazılımlar kullanılarak yansıma (reflectance) değerlerinin elde edilmesi gerekir.
- Kullanılan platformların yüksek spektral çözünürlüğe sahip olması: Çalışmada kullanılan Landsat 8 hariç diğer platformlar ya Rasat gibi kızılötesi banda sahip değildir ya da ağaçların yapraklarında bulunan klorofile daha duyarlı olan kısa dalga infrared bantları geniş şekilde içermektedir. Çok sayıda kızılötesi bandı içeren ya da kısa dalga boylu kızılötesi banda sahip ASTER gibi uyduların kullanılması başarıyı arttıracaktır. Modellerin en başarılı sonuçlar verdiği uydu olan Landsat-8, iki farklı kızılötesi banda sahip olup, Rasat'da kızılötesi bant

bulunmamakta, Göktürk-2 ve Worldview-2 ise Landsat-8'e klorofile daha az duyarlı bant aralığına sahip bulunmaktadır. Bu nedenle Rasat, Göktürk-2 gibi uydularımızın spektral çözünürlüklerinin iyileştirilmesi gerekir. Bu uydularımızın tasarımı aşamasında mutlaka kızıl ötesi dalga boyunu 3-4 parçaya ayıracak şekilde üretimlerinin düşünülmesi gerekir. Göktürk bir dizi uydunun tasarlanacağı, üretileceği ve fırlatılacağı bir proje olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda iki uydu üretilmiştir. Yıl içinde uzaya fırlatılması düşünülen, renkli bantlarda 1 m yersel çözünürlüğe sahip Göktürk-1, üretim aşamasında olan ve radar görüntüleri sağlayacak Göktürk-3 ve ileride fırlatılması düşünülen 20 cm çözünürlüğe sahip olacak Göktürk-4 uydularının tasarım aşamasında sadece askeri amaçlar göz önünde bulundurulmamalı, bunun yanında mutlaka spektral özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanarak uydularımızın disiplinler arası kullanımına imkan sağlanmalıdır. Çünkü, özellikle meşcere parametrelerinin tahmininde yersel çözünürlük belirli bir aşamaya kadar etkili olup, uydunun spektral özelliği ön plana çıkmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada, 30 m çözünürlüğe sahip Landsat 8 kullanılarak geliştirilen modellerin, çözünürlüğü 5 m olan Göktürk-2 tarafından elde edilen modellerden daha yüksek hacim tahmin değerlerine ulaşması bahsedilen durumu doğrulamaktadır. Farklı uydulara ait bantların yansıma değerlerinin aynı modelde kullanılması olanakları da ayrıca araştırılmalıdır.

- Uydu görüntülerinde görüntü zenginleştirme yapılması: Bir görüntü üzerindeki renk tonlarını daha belirgin hale getirmek ve görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmak gerekmektedir. Ayrıca filtre kullanımı ile parazitsiz görüntülerde algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimlerin ayırt edilebilmesi sağlanabilir. Engebeli ve dağlık arazilerde gölge etkisinin ortadan kaldırılmasına yönelik ve renklemenin belirli aralıkta yoğunlaştığı durumlarda yayılması işlemlerinin yapılması gerekir.
- Atmosferik düzeltme yapılması: Benzer şekilde hazır paket programlarda atmosferik düzeltme sadece yaygın uydular için çözüm içermekte, Göktürk-2, Rasat gibi uydular için karmaşık hesapların yapılması gerekmektedir.
- Radyometrik çözünürlüğünün yüksek olması: Bir algılayıcının elektromanyetik enerjinin büyüklüğüne karşı duyarlılığını ifade eden radyometrik çözünürlük, enerjideki küçük farklılıkları ayırma yeteneği ile tanımlanır. Örneğin Rasat 8 bit,

buna karşın Landsat 8 ise 12 bit görüntü üretebilmektedir.

- Her gelişim çağı ve meşcereden eşit sayıda örnekleme alanı alınması: Çalışmada kullanılan örnekleme alanı verileri, orman amenajman planı düzenlenmesi amacıyla alındığından, açıklık alanlarda, bozuk meşcerelerde ve gençlik çağıdaki meşcerelerde örnekleme alanı alınmamıştır. Bu durum hem regresyon modellerinin geliştirilmesinde hem de modelin araştırma alanı için uygulanmasında başarının daha düşük kalmasına neden olmuştur.
- Yapraklı ağaçlarda tahmin değerlerinin ibrelilere göre daha fazla olması: Gerçekleştirilen çalışmada ele alınan meşcereler Sarıçam ve Göknar ağaç türlerinden oluşmaktadır. Literatüre bakıldığında yapraklı ağaç türleri için başarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, bu ağaç türlerinin ibreli türlere göre daha büyük tepe tacına sahip olabilmesi ve birim alanda daha fazla miktarda yaprak yüzey alanına sahip olması ve böylece gelen ışığı daha yüksek oranda yansıtabilmesi ile açıklanabilir.
- Farklı coğrafi bölge ve türlerin dikkate alınarak modellerin geliştirilmesi: Gerçekleştirilen çalışmada olduğu gibi başarı düzeyinin arttırılmasına yönelik, farklı ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık ve hatta yetiştirme ortamı için farklı modeller geliştirilerek başarı arttırılmaya çalışılmalıdır. Modellerin geliştirilmesi aşamasında, orman amenajman planlarının hazırlanması amacıyla alınan örnekleme alanı verilerinde hareket edilebilir. Yukarıda bahsedilen yansıma değerlerinin kullanılması, radyometrik ve görüntü iyileştirme işlemlerinin yapılmasından sonra başarının önemli düzeyde belki de %70-80'lere çıkabileceği anlaşılmaktadır. Bu denli yüksek tahmin değerlerine ulaşılabilirse, özellikle büyüklüğü 1 milyon ha'ı aşan korunan alanların planlanmasında, üretim fonksiyonu dışındaki diğer ekolojik, sosyo-kültürel fonksiyonlu ormanlarda farklı parametrelerine ilişkin tahminlerin yapılmasında rahatlıkla uydu görüntüleri kullanılabilir.

Yukarıda ayrıntılı olarak ifade edilmeye çalışılan eksiklikler giderildiği takdirde, özellikle uygulamada yersel ölçümleri önemli ölçüde azaltabileceğimiz görülmektedir. Ülkemizde uygulamada, taslak meşcere haritası plan yapımına başlamadan önce planı yapan başmühendise verilmektedir. Yersel ölçümlerde taslak meşcere haritasındaki mevcut hatalar giderilse de, günümüzdeki uyduların ya da dijital kamera ile çekilen hava fotoğraflarının konumsal çözünürlüğü düşünüldüğünde bu hatalar geçmişteki gibi fazla

olmamakta, hatta planların yapılmasından sorumlu Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı tarafından uzaktan algılama yardımıyla planların düzenlenmesine son yıllarda ağırlık verilmekte, bu planlarda taslak meşcere haritası neredeyse meşcere haritası olarak işlem görmektedir. Dolayısıyla, günümüzde meşcere tiplerinin yukarıdaki şekilde hazırlandığı düşünüldüğünde, işin en zahmetli ve zor kısmı bu meşcerelerin hacminin yersel ölçümlerle tespiti olmaktadır. Yukarıda ifade edilen önerilere yönelik araştırmaların yapılması durumunda, özellikle hacim ve göğüs yüzeyi için kullanılabilir değerlerin elde edilebileceği görülmektedir. Envanter aşmasında başka amaçlara hizmete eden silvikültürel eta, kalite vb. veriler ise modellerin geliştirilmesi aşamasında alınacak örnekleme alanında yapılacak ölçümlerle elde edilebilir.

Sonuç olarak, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak farklı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde daha fazla sayıda araştırma yapılmalı ve teknolojik ilerleme kaydedilmelidir. Araştırmalar için teknolojik gelişmeleri takip etmekle birlikte, ağaç türlerinin güneş enerjisini absorbe etme veya yansıtma yeteneklerini (katsayıları) belirlemeye yönelik çalışmalara hız verilmelidir. Saniyede yeryüzüne m^2 'ye ortalama $22 \cdot 10^{20}$ foton gelmektedir. Anlaşılmaktadır ki, fotonların davranışlarının çözümlenmesinde ne kadar mesafe kat edilirse, ormancılıkta kullanımı konusunda o kadar yol alınacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Astola, H., Bounsaythip, C., Ahola, J., Häme, T., Parmes, E., Sirro, L. ve Veikkanen, B. Highforest - forest parameter estimation from high resolution remote sensing data. Proc. 20th ISPRS Congress, Temmuz 2004, İstanbul, Turkey, Bildiriler Kitabı:335-340.
- Ateşoğlu, A. 2009. Farklı Uydu Görüntü Verileri İle Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması (Bartın-Mugada Örneği), Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Bauman, P. R. History of Remote Sensing, Satellite Imagery, Part II, <http://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/RS%20History%20II/RS-History-Part-2.html>, 10Ekim2014
- Cohen, J., 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Çam, A., Fırat O. ve Yılmaz A., Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli Üretimi Faaliyetleri, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Kasım 2013, Ankara.
- Eraslan, İ., 1963. Türkiye’de Orman Envanterinin Geçmişi ve Bugünkü Durumu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, 8, 2, 17-45.
- Eraslan, İ., 1985. Türkiye’de Orman Amenajmanının 128 Yıllık Tarihsel Gelişimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, 35, 1, 15-39.
- Eraslan, İ., 1992. Türkiye’de Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Yarını, Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı: 1-15.
- Franco-Lopez, H., Ek A. R., Bauer M. E., 2001. Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the k-nearest neighbors method, Remote Sensing of Environment, 77 (2001) 251–274.
- Gjertsen, A.K., 2006. Accuracy of forest mapping based on Landsat TM data and a kNN-based method, Remote Sensing of Environment, 110 (2007) 420–430.
- Günel, H.A., 1973. Ağaç Serveti Miktarının Tayininde Kullanılabilecek Metotlar Üzerine Araştırmalar, Kutulmuş Matbaası, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1847, Orman Fakültesi Yayın No: 198, İstanbul, 136 s.
- Günlü, A., Keleş, S., Kadioğulları, S., ve Başkent, E. Z., Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüsü Yardımıyla Arazi Kullanımı, Meşcere Gelişim Çağı ve Meşcere Kapalılığın Tahmin Edilmesi; Kastamonu-Kızılcaşu İşletme Şefliği Örneği, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı:660-667.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Başkent, E. Z. Şenyurt, M., 2013. Quickbird ve Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayancık-Göldağ Kayın (Fagus Orientalis Lipsky) Meşcerelerinde Hacim Tahmini, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 14, 24-30.

- İnan, M., 2004. Orman Varlığının Saptanmasında Uzaktan Algılama Verileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,
- Holmström, H., Nilsson, M., ve Ståhl, G., 2002. Forecasted reference sample plot data in estimations of stem volume using satellite spectral data and the kNN method. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 9, 1757-1774.
- Kalbi, S., Fallah, A. ve Shatee, S., 2014. Estimation of Forest Attributes in the Hyrcanian Forests, Comparison of Advanced Space-Borne Thermal Emission and Reflection Radiometer and Satellite Poure l'observation De La Terre-High Resolution Grounding Data by Multiple Linear, And Classification And Regression Tree Regression Models, *J. Appl. Remote Sens.* 8, 1, 083632.
- Kangas, A., Gove, J.H. ve Scott, C.T., 2006. Introduction, Forest Inventory Methodology and Applications, Eds.: Kangas, A., Maltamo, M., Springer, Netherlands, 13-38.
- Kajisa, T., Murakami, T. Mizoue, N. Kitahara, F. ve Yoshida, S. 2008. Estimation of stand volumes using the *k*-nearest neighbors method in Kyushu, Japan. The Japanese Forest Society and Springer, 249-254.
- Kandemir, E., 2010. Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri ile Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırma), Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, KTÜ Matbaası, KTÜ Yayın No: 215, Orman Fakültesi Yayın No: 33, Trabzon, 515 s.
- Khorrani, K.R. 2004. Investigation of the Potential Of Landsat7 ETM+ Data in Volume Estimating Of Beech Forest Stand (Case Study: Sangdeh Area in North of Iran). M.Sc. Thesis, University Of Tehran, Faculty Of Natural Resources, 80.
- Köse, S., 1997. Doğal Kaynak İnceleyen Landsat Uyduları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Seminer Seri No: 3, Güz Yarıyılı Seminerleri, 1-7.
- Köse, S. ve Ç. Cömert, 1999: Ormanlıkta Foto Yorumlama, Kafkas Üniv. Artvin Orman Fak, Ders Notları Yayın No: 1, 93.
- Laar, A. ve Akça, A., 1997. Forest Mensuration, Cuvillier, Göttingen, 418 s.
- Mäkelä, H. ve Pekkarinen, A. 2004. Estimation of Forest Stands Volume by Landsat TM Imagery and Stand-Level Field-Inventory Data, *Forest Ecology and Management*, 196, 245– 255.
- McRoberts, R. E., Nelson, M. D., and Wendt, D.G., 2002. Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest Neighbors technique. *Remote Sensing of Environment*, 82, 457-468.
- Mısıır, M. 2013. Landsat 7 ETM Görüntüleri Kullanılarak Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi. Antalya: Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 529-537.
- Mohammadi, J. 2007 Investigation On Estimation Of Some Quantitative Characteristics Using Landsat ETM+ Satellite Data, M.Sc. Thesis, Gorgan University Of Agriculture Sciences and Natural Resources, 78 p.

- Naseri, F. 2003. Classification of Forest Type And Estimation of Their Quantities Parameters in Arid And Semi- Arid Region Using Satellite Data (Case Study: National Park Of Khabr – Kerman Province), Ph.D. Thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 202 s.
- OGM, 2013. Kelkit Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2014. İğdir Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özdemir, İ. ve Mert A., 2007. Düzlerçamı Kızılcım Ormanında Quickbird Uydu Verileri Kullanılarak Gövde Hacminin Tahmini, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2, 107-118.
- Özkan, U. Y., 2003. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi Ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P., and Olsson, H. 2002. Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. Computers and Electronics in Agriculture, 37,1, 37-55.
- Sabins, F. F., 2000. Remote Sensing Principles and Interpretation, Remote Sensing Enterprises, Incorporated and University of California, Los Angeles.
- Schreuder, H.T., Gregoire, T.G. ve Wood, G.B., 1993. Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory, John Wiley & Sons Inc., USA, 446 s.
- Şenyurt, M., Günlü, A., Ercanlı, İ. ve Yılmaz, C., 2013. Landsat 8 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Karşıkent Orman İşletme Şefliği Meşcere Özelliklerinin Tahmin Edilmesi, Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 497-503.
- T.C. Resmi Gazete, Orman Amenajman Yönetmeliği, 26778, 05.02.2008, 9.
- Uça Avcı Z. D., Kuşak B. ve Kuşak L., 2014. Meşcere Tiplerinin Uydu Verileri ile Belirlenmesinde Farklı Doku Ölçütlerinin Değerlendirilmesi, 01/2014, Akademik Bilişim, Mersin, Türkiye.
- URL-1, http://www.academia.edu/2437911/G%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC_Alg%C4%B1lama_Teknikleri_Ve_Tarih%C3%A7esi. 19 Eylül 2014
- URL-2, <http://tr.wikipedia.org/wiki/B%C4%B0LSAT>. 20 Eylül 2014
- URL-3, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_03_4148c.pdf. 20 Eylül 2014
- URL-4, http://tr.wikipedia.org/wiki/Uzaktan_alg%C4%B1lama#Aktif_ve_Pasif_alg.C4.B1lama). 26Ekim2014
- URL-5, http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/fbalik_fb5c4228ccf70988d3a1c2188e3bcf2e.pdf. 25 Eylül 2014
- URL6, http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/632/mod_resource/content/0/Ders_Notlar_i/Unite1_Uzaktan_Algilamaya_Giris.pdf, Uzaktan Algılamaya Giriş, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu. 14 Eylül 2014.
- URL-7, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=49. 26 Ekim 2014

URL-8, <http://tr.wikipedia.org/wiki/RASAT>. 27 Ekim 2014

URL-9, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=57. 26 Ekim 2014

URL-10, http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/gokturk-2-uydusu-yorungede-1-yilini_tamamladi. 28 Ekim 2014

URL-11, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=31. 28 Ekim 2014

URL-12, <http://www.doguc.com/H3.htm>. 20 Ekim 2014

Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. ve Dokken, D. J., 2000. Land Use, Land-use Change and Forestry. University Press, Cambridge, 375.

Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow T., Bresee, M., Moine, L.J. ve Ryu, S.R., 2004. Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. Remote Sensing of Environment, 402-411.

ÖZGEÇMİŞ

Bayram ÇİL, 10.09.1985’de Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon’da tamamlayan ÇİL, 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünde başladığı eğitimini 2011 yılında tamamlayarak iyi derece ile adı geçen üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Programına başladı. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. Orta derecede İngilizce bilmektedir.